

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS FISICAS Y FORMALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA INDUSTRIAL



“MEJORA EN LA PROGRAMACION DEL MANTENIMIENTO DE UNA
EMPRESA MANUFACTURERA QUE UTILICE EL SISTEMA SAP, A PARTIR
DEL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA VIRTUAL DE
GESTION ORDENES DE TRABAJO”

Tesis presentada por el bachiller:
Jorge Víctor Chávez Ortega

Para optar por el Título Profesional de:
Ingeniero Industrial

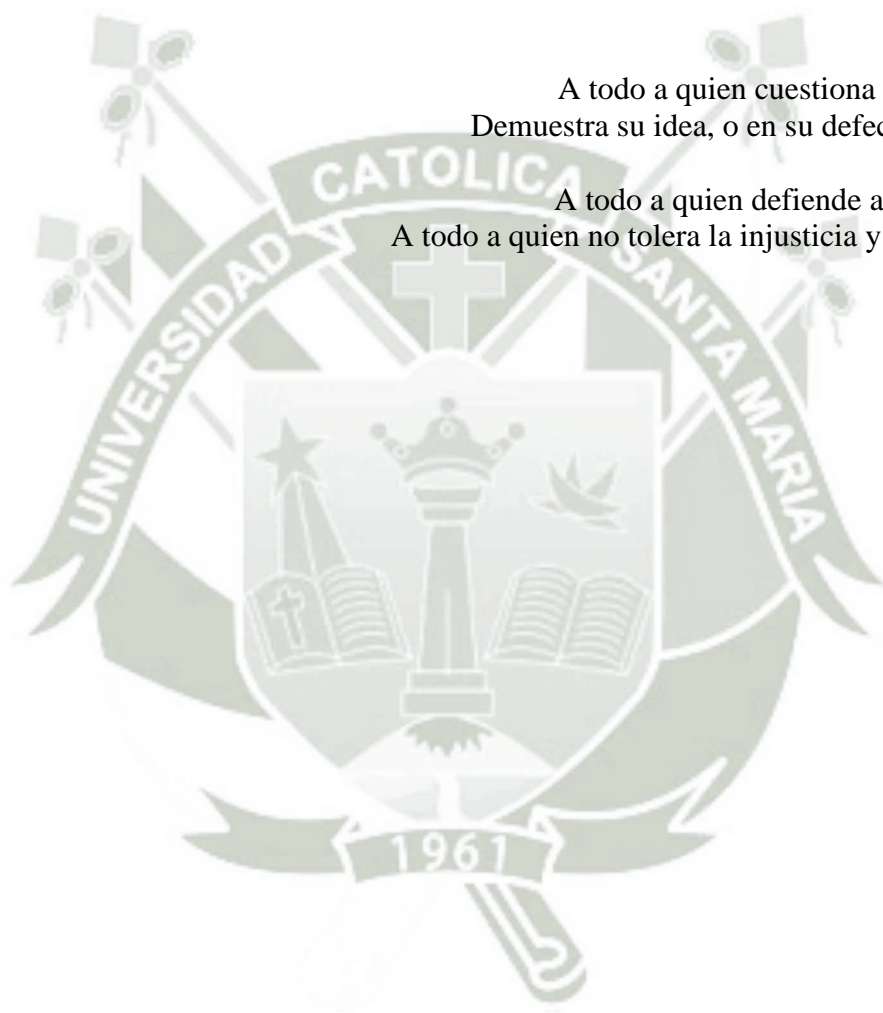
AREQUIPA - PERÚ

2016

DEDICATORIA:

A todo a quien cuestiona lo evidente,
Demuestra su idea, o en su defecto aprende.

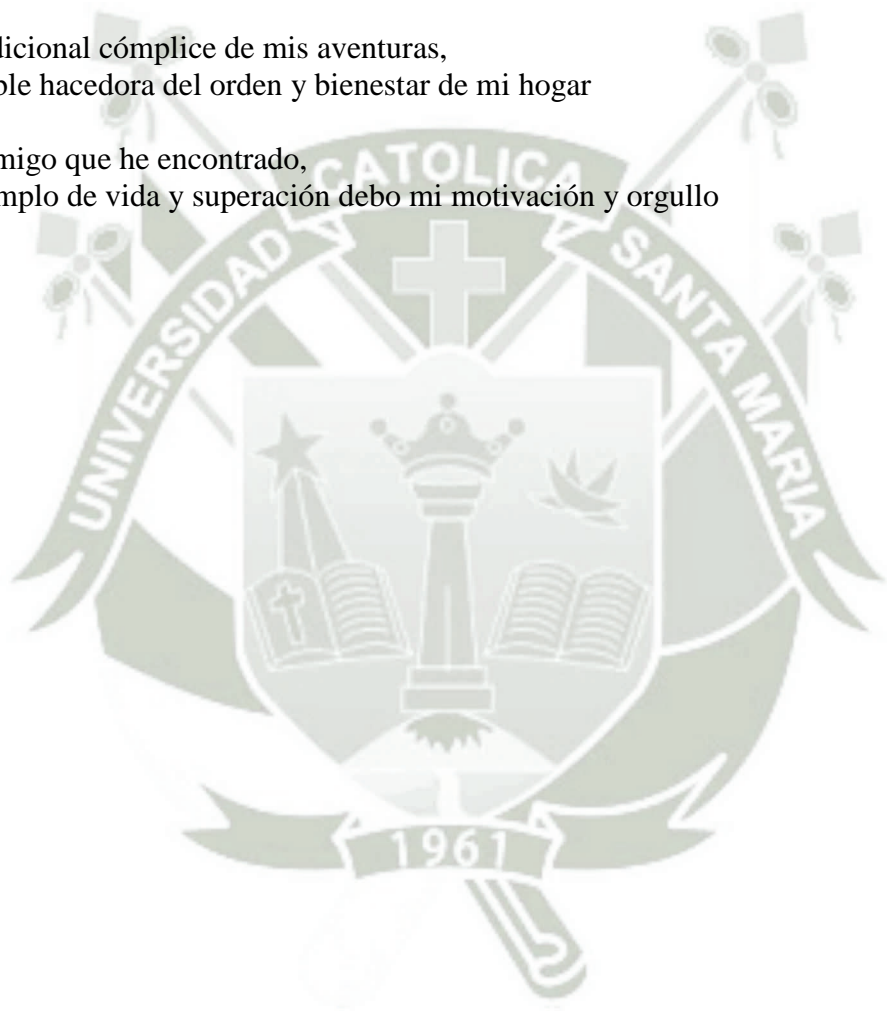
A todo a quien defiende al indefenso,
A todo a quien no tolera la injusticia y la enfrenta.



AGRADECIMIENTOS:

A la incondicional cómplice de mis aventuras,
La incansable hacedora del orden y bienestar de mi hogar

Al mejor amigo que he encontrado,
A cuyo ejemplo de vida y superación debo mi motivación y orgullo



INDICE GENERAL

RESUMEN.....	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11
1. CAPITULO I PLANTEAMIENTO TEÓRICO	13
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	14
1.1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	14
1.1.3. CAMPO, ÁREA Y LÍNEA	15
1.1.4. INTERROGANTES BÁSICAS	16
1.1.5. JUSTIFICACIÓN.....	16
1.1.6. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	17
1.2 OBJETIVOS	17
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	17
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1.3 HIPÓTESIS	18
1.4 VARIABLES	19
1.5 CAMPO DE VERIFICACIÓN.....	19
1.5.1 UBICACIÓN ESPACIAL.....	19
1.5.2 UBICACIÓN TEMPORAL	20
1.5.3 UNIDAD DE ESTUDIO.....	20
2. CAPITULO II MARCO TEÓRICO	21
2.1 ANTECEDENTES DEL MANTENIMIENTO.....	22
2.2 LA NECESIDAD DEL MANTENIMIENTO.....	25
2.3 PROPÓSITOS DEL MANTENIMIENTO.....	27
2.3.1 DISPONIBILIDAD.....	28
2.3.2 CONFIABILIDAD.....	29
2.3.3 VIDA ÚTIL DE LA PLANTA.....	30
2.3.4 PRESUPUESTO.....	31

2.4	TIPOS DE MANTENIMIENTO	31
2.4.1	MANTENIMIENTO REACTIVO	31
2.4.2	MANTENIMIENTO PROACTIVO (MPA)	33
2.5	ERP (PLANIFICADOR DE RECURSOS EMPRESARIALES).....	39
2.6	EL SISTEMA SAP	42
2.6.1	La Empresa SAP.....	43
2.6.2	El Módulo SAP R/3.....	44
2.6.3	Participación del SAP en el mercado	48
2.7	VISUAL BASIC FOR APLICATIONS	49
2.8	ANÁLISIS CAUSA RAIZ	50
2.9	EL CICLO DE DEMING – PHVA	50
3.	CAPITULO III DIAGNÓSTICO	56
3.1	RESEÑA DE LA EMPRESA.....	57
3.1.1	ANTECEDENTES.....	57
3.1.2	MARCAS	58
3.1.3	PLANTAS	59
3.2	PROCESO DE PRODUCCION:	61
3.3	MANTENIMIENTO PROACTIVO DE ACTIVOS	62
3.3.1	PROGRAMACIÓN Y CICLO DE ÓRDENES DE MANTENIMIENTO....	64
3.3.2	CICLO DE LAS ÓRDENES DE MANTENIMIENTO:	64
3.3.3	PARTE DIARIO:	67
3.3.4	ANÁLISIS DE PROBLEMAS ENCONTRADOS:.....	69
3.4	MATRIZ FODA	77
4.	CAPITULO IV EJECUCIÓN	78
4.1	RESULTADOS ESPERADOS.....	79
4.2	DISEÑO Y CREACIÓN DE LA HERRAMIENTA – MODIFICACION DE PARTE DIARIO:.....	81
4.3	PUESTA EN MARCHA	93
4.4	ANÁLISIS DE RESULTADOS	94
4.5	ADICIÓN DE MEJORAS SEGÚN FEEDBACK.....	99

4.5.1 NOTIFICACION DE OPERACIONES ESPECIALES	99
4.5.2 AUTOMATIZACIÓN DE PROGRAMACION DE MANTENIMIENTO	101
5. CONCLUSIONES	104
6. RECOMENDACIONES	107
7. GLOSARIO	108
8. BIBLIOGRAFIA	110
9. ANEXOS	112



INDICE DE FIGURAS

1	Hechos y estrategias de mantenimiento desarrolladas en el tiempo	19
2	Efectos del Mantenimiento Reactivo sobre la disponibilidad del equipo	32
3	Costo inicial (HH) disminuido por un adecuado MP	38
4	Aristas del sistema ERP	39
5	Cuota de mercado de software ERP Mundial 2014	48
6	Ciclo de Deming, símbolo de etapas a utilizar	55
7	Capacidad de producción de las plantas cerveceras en millones de Hl	61
8	Diagrama de Flujo de la elaboración de Cerveza	62
9	Ciclo de una Orden de Mantenimiento Proactiva (OM)	65
10	Avisos y OM en SAP	66
11	Imagen de Archivo Parte Diario actual	68
12	Gráfica de Mezcla de Mantenimiento según SAP, anterior	70
13	Gráfica de Mezcla de Mantenimiento según Parte Diario	72
14	Grado de Mantenimiento Preventivo Óptimo	73
15	Notificación de Operación SAP	76
16	Adición de campos a Parte Diario N°1	83
17	Adición de campos a Parte Diario N°2	84
18	Formulario de ingreso de datos diseñado	87
19	Parte Diario, Condiciones para la notificación de una operación	89
20	Notificación de operación en SAP	90
21	Parte Diario, Aviso de término de notificación	91
22	Creación de OM con el Parte Diario	92
23	Creación de OM en SAP	93

24	Aviso de creación de OM en SAP	94
25	Aviso de término de creación de OM	94
26	Gráfico de Mezcla de Mantenimiento según SAP, actuales	96
27	Parte Diario, caso de más de un registro para una operación	101
28	Libro de programación multifuncional	103
29	Hoja generadora de órdenes de mantenimiento mensuales	103
30	Ejemplo de extracto de programa de órdenes de mantenimiento mensual	104

INDICE DE TABLAS

1	Variables de la hipótesis	19
2	Modelo de plan de mantenimiento SABMiller	63
3	Clases de órdenes de mantenimiento en SAB Miller	66
4	Valores de Mezcla de Mantenimiento según SAP, anteriores	70
5	Valores de Mezcla de Mantenimiento según Parte Diario	71
6	Análisis Causa Raíz del Problema	74
7	Matriz FODA	78
8	Valores de Mezcla de Mantenimiento según SAP, actuales	86
9	Muestra de notificaciones aprobadas cualitativamente	98
10	Resumen de resultados obtenidos	100

RESUMEN

El presente estudio se centra en la optimización de procesos del área de gestión de activos de cualquier tipo de industria manufacturera que utilice el módulo de mantenimiento del SAP R3, sistema integrador de procesos con mayor presencia en el mundo según el último reporte de Gartner Inc., como software ERP. El SAP ofrece distintas herramientas muy útiles para los procesos de programación, ejecución y control de tareas de mantenimiento. Sin embargo el nivel de detalle de reporte en el SAP de estas tareas es directamente proporcional al tiempo que toma realizarlo, resultando de esto la obtención de reportes de registros escuetos e incompletos, y la desnaturalización de valores de indicadores de gestión de activos.

Lo que se desarrolla y aplica en este estudio es un conjunto de herramientas virtuales en un libro de Excel, que mediante lenguaje de programación comunican de forma bilateral este programa con el SAP; automatizando y simplificando los diferentes procesos de la programación de mantenimiento de la empresa donde sea empleado. Las conclusiones de la tesis muestran la consecución de los objetivos, aplicados en la planta Backus Arequipa, consiguiendo una severa reducción de tiempo invertido, la eliminación del error humano en el ingreso de datos y un mayor dinamismo a la interacción del usuario con el mencionado ERP.

PALABRAS CLAVE

Programación del mantenimiento, Scripts en SAP, Mezcla de Mantenimiento, Notificación de órdenes de mantenimiento.

ABSTRACT

The present study focuses on Process Optimization of the Asset Management's area of any manufacturing enterprise which uses the SAP R3 Maintenance module, SAP the system integrator processes with Mayor Presence in the World based Gartner Report The last Inc ., offers several very useful tools for programming processes, implementation and control of maintenance. However, the level of detail in the SAP reporting of these tasks is directly proportional with time it takes being made, resulting reports with terse and incomplete records, and also distorting asset management indicators.

What is developed and applied in this study is a set of virtual tools in an Excel workbook, using programming language that communicate bilaterally this program with the SAP; by automating and simplifying the different processes of the maintenance schedule of the company where is used. The conclusions of the thesis show the achievement of objectives applied in Backus Arequipa plant, getting a severe reduction of invested time, deleting human error in data entry and getting more dynamic to the user interaction with the mentioned ERP.

KEY WORDS

Maintenance scheduling, SAP Scripts, Mixed Maintenance, Notification of maintenance orders.

INTRODUCCIÓN

En el último cuarto de siglo los procesos de conservación de activos o mantenimiento a nivel industrial ha cambiado, quizás más que otras disciplinas de gestión. Los cambios son debido al enorme aumento en número y variedad de recursos físicos que deben ser conservados según sus condiciones iniciales el mayor tiempo posible, a diseños mucho más complejos de equipos e instalaciones, a nuevas técnicas de mantenimiento y a diferentes puntos de vista sobre la organización y las responsabilidades del mantenimiento.

Los cambios están probando hasta el límite, actitudes y habilidades en todas las ramas de la industria. El personal de mantenimiento se está adaptando completamente a las nuevas formas de pensamiento y acción, así como los ingenieros y gerentes.

En la segunda mitad del siglo XX, tras la segunda guerra mundial el enfoque acostumbrado que se tenía del mantenimiento a equipos y maquinarias cambia drásticamente pues la presión en tiempos de guerra aumentó la demanda por bienes de toda clase, mientras que la disponibilidad de mano de obra cayó drásticamente. Esto permitió el ingreso de la mecanización. Por los años de 1950 las máquinas de todos los tipos fueron más numerosas y mucho más complejas. La industria comenzó a depender de ellas y a medida que esta sujeción crecía, las paradas de máquina fueron enfocadas agudamente. Esto condujo a la idea de que las fallas de los equipos podrían y deberían preverse, lo que originó el concepto del Mantenimiento Preventivo.

El costo del Mantenimiento también comenzó a elevarse rápidamente respecto a otros valores operativos. Esto condujo al crecimiento de los sistemas de planificación, programación y control de Mantenimiento, lo cual ha ayudado grandemente a ofrecer mejores valores de confiabilidad y disponibilidad a los usuarios de los equipos.

Eliyahu M. Goldratt en **La Meta**¹ introduce nuevas ideas referidas a los objetivos primarios que una actividad industrial alcanza y mantiene. El autor indica que la meta de una organización que produce viene o servicios es ganar dinero ahora y en el futuro. Por la

¹ Eliyahu M. Goldratt es autor de la Meta

tanto, todo lo que haga en el proceso mantenimiento, desde un punto de vista económico, deberá apuntar a que la compañía alcance su meta.

Por otro lado y sin duda alguna vivimos en un mundo en donde la globalización provoca cambios constantes en la tecnología y la ciencia, por tanto las grandes organizaciones y negocios deben de contar con un proceso formal para su administración, con el cual puedan poner como base y objetivo la innovación. Como respuesta a estos múltiples cambios, gran parte de las empresas y organizaciones se están orientando a confiar sus sistemas de información a paquetes estándar pre-configurados como son los ERP (Enterprise Resource Planning). Estas soluciones se basan en módulos de software de aplicación que ayudan a gestionar las partes importantes del negocio, como lo son Ventas, Producción, Gestión de Materiales, y Mantenimiento. Dentro de los ERP se destaca el producto R/3 de SAP, que tanto por su tecnología como por su cuota de mercado se viene convirtiendo en el Standard empresarial.

El SAP (sistemas aplicaciones y productos), ofrece a través de su módulo PM a los sistemas de planificación y programación del mantenimiento de las empresas la capacidad de elaborar y programar planes de mantenimiento, que generan órdenes de trabajo con tareas específicas del servicio correspondiente así como una gestión de repuestos y materiales al servicio de los trabajos programados.

Algunos de los procesos críticos dentro de las tareas de programación en el SAP es la carga de datos de tareas de mantenimiento ejecutadas a manera “notificación” de órdenes de trabajo y reporte anomalías encontradas a manera de “avisos” para futuras órdenes de mantenimiento. El nivel de detalle de estos reportes, aparte de presentarse a los usuarios en un entorno virtual poco amigable y rígido demanda un tiempo significativo lo cual resulta en reportes escuetos e incompletos, hecho que aparte de generar un historial de registros poco útil de tareas realizadas, desnaturaliza valores de indicadores de gestión de activos de las empresas.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO TEÓRICO



1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Tanto el proceso de reporte de tareas realizadas por personal de mantenimiento de las empresas de manufactura, como la programación del mantenimiento a través del ciclo de órdenes de trabajo: creación, notificación y cierre; demandan el uso de un sistema que registre de la forma más exacta posible el detalle de las labores ejecutadas, que sea una fuente de un historial confiable de servicios de mantenimiento hechos a cada equipo, y que minimice los recursos empleados en su realización.

1.1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La planificación y programación del mantenimiento de activos de una empresa manufacturera; encuentra en el historial de intervenciones tanto proactivas como reactivas hechas a los activos tangibles, la fuente principal de información para garantizar y facilitar la correcta ejecución del mantenimiento.

De lo anterior, concluimos que el reporte de trabajos realizados debe ser lo más completo y detallado posible, esta información la obtenemos de primera mano del personal que ejecuta los trabajos de mantenimiento. Estos reportes son llevados en distintas formas y nombres; y son una práctica acostumbrada en los departamentos de mantenimiento de las empresas.

Por otro lado, la gestión de los diversos procesos que existen dentro de las organizaciones representa uno de los ámbitos de más extensa aplicación de la informática, dados los beneficios en tiempo y dinero que ello supone. Esto implica la necesidad de las grandes organizaciones de contar con un ERP (Planificador de recursos empresarial) que facilite e integre la información entre las funciones de manufactura, logística, finanzas y recursos humanos de una empresa.

Estos ERP nos ofrecen la opción del citado reporte de tareas, a través del proceso de notificación de las órdenes de mantenimiento; siendo este un ejercicio que al

implementarse y usarse representa un carga adicional de trabajo que tiende a ser completada de manera escueta o incompleta, hecho a parte de generar un historial de registros poco útil de tareas realizadas, desnaturaliza y resta puntos a valores en los KPIs de la gestión de activos de la empresa.

Resumiendo la situación encontrada es la siguiente:

El ingreso de datos que demanda el sistema SAP; en los procesos de programación, reporte y control del mantenimiento; es complejo y requiere una ejecución manual para cada Orden de mantenimiento que a su vez es tedioso y repetitivo.

Lo cual conlleva la presencia de los siguientes problemas:

- No todas las tareas de mantenimiento realizadas, en su mayoría las correctivas, son reportadas en el SAP. Esto distorsiona indicadores de mantenimiento como la mezcla del mantenimiento y el cumplimiento del programa preventivo.
- El historial de intervenciones a los equipos de una empresa generado en el SAP, termina siendo llenado de forma escueta y no se convierte en una fuente de retroalimentación que requiere la planificación del mantenimiento.
- Al ser responsabilidad del supervisor de mantenimiento notificar y cerrar las órdenes de trabajo asignadas a su cargo, el tiempo que le demanda este proceso resta tiempo a sus labores de campo, lo cual afecta la proporción ideal del 70% de sus horas hombre sean dedicadas a trabajos en campo.
- El tiempo que demanda la notificación, cierre, disparo y programación de las OM mensuales con a través del sistema SAP, hace que la entrega de programas al inicio de mes no sea la deseada llegando en muchos casos en tardar más de un día.

1.1.3. CAMPO, ÁREA Y LÍNEA

Campo: Ingeniería Industrial.

Área: Mantenimiento / Gestión de Activos

Línea: Planificación y Programación de Mantenimiento

1.1.4. INTERROGANTES BÁSICAS

- ¿Qué papel desempeña la planificación del mantenimiento en los resultados de las empresas manufactureras en la actualidad?
- ¿Cuál es la función e importancia de los ERP en las empresas en la actualidad y cual el más empleado?
- ¿Qué herramientas nos proporcionan los ERP en la programación y ejecución del mantenimiento?
- ¿Qué cantidad de labores correctivas en el área de mantenimiento no llega a ser reportado en el SAP y porque?
- ¿El tiempo de reporte que demandan los módulo de mantenimiento en el SAP puede ser reducido utilizando formularios y macros en VBA (Excel)?

1.1.5. JUSTIFICACIÓN

- Justificación económica
Aquí es donde el presente estudio representa un impacto directo, ya que la implementación del mismo supone reducciones drásticas de tiempo del personal (horas hombre) dedicado a las tareas de registro en SAP de atenciones de mantenimiento.
- Justificación empresarial
Las empresas que utilicen esta herramienta, podrán obtener indicadores mucho más fiables sobre la gestión de activos de sus departamentos de producción. Adicionalmente los resultados en el uso de la herramienta permitirán abrir su campo de acción en la empresa, pudiendo ser adaptada para los distintos procesos y áreas que utilicen el ERP mencionado.

1.1.6. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Experimental, se considera como variable independiente al Modelo de herramienta de gestión para el reporte, creación, notificación y cierre de órdenes de trabajo en el área de mantenimiento de una empresa manufacturera que será analizado en condiciones controladas para describir de qué modo produce resultados específicos sobre las variables dependientes

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Reducir el tiempo invertido en las distintas tareas de programación y reporte de órdenes de trabajo de mantenimiento de una empresa manufacturera que utilice el SAP, e incrementar la cantidad y calidad de información registrada producto de estas tareas, sincerando a su vez indicadores de gestión de activos; a través del diseño e implementación de un modelo de herramienta virtual de gestión eficiente.

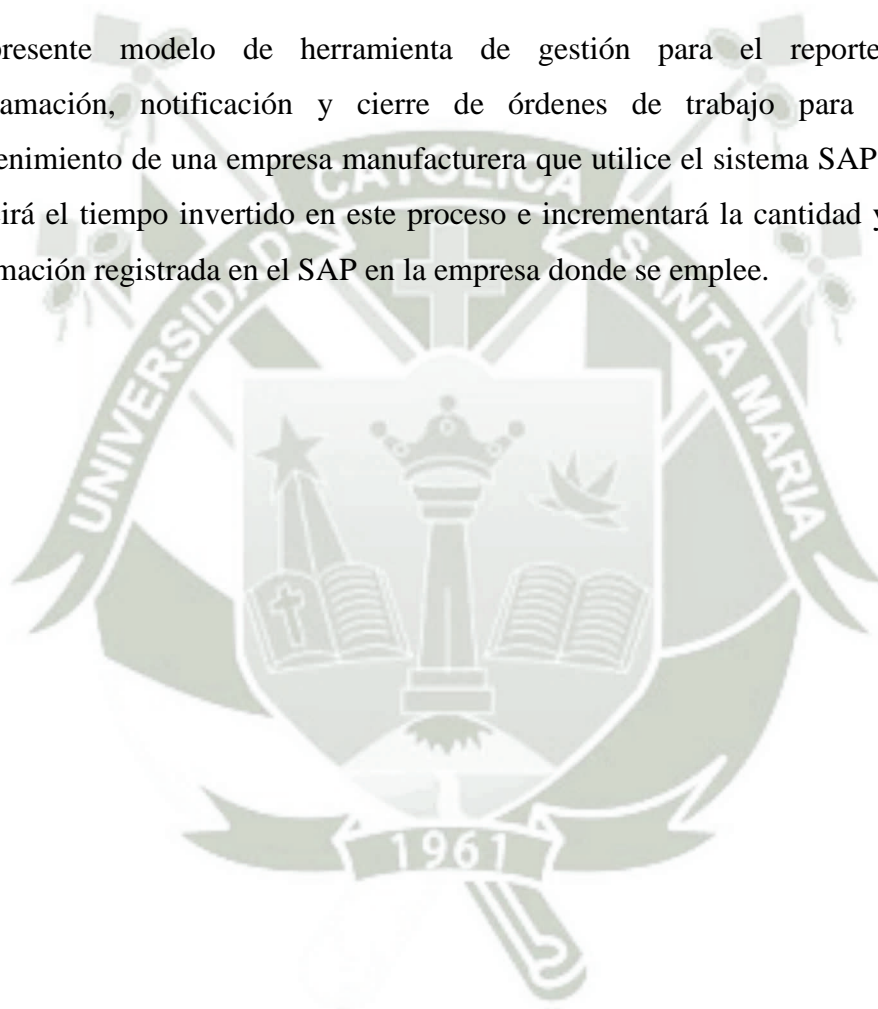
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Sincerar la cantidad de órdenes de mantenimiento para intervenciones correctivas y reactivas que por su naturaleza tienden a no ser reportadas en su totalidad en el sistema, alterando indicadores de gestión de activos como la mezcla del mantenimiento.
- b. Generar un historial de reportes de atención a los bienes de la empresa, de mejor calidad y con mayor cantidad de información, también en el sistema SAP.
- c. Aligerar el trabajo de los supervisores de Mantenimiento, quienes al ser directos responsables de reporte de ejecución de las OM a su cargo, deben notificar cada operación con la información que demanda el SAP

- d. Automatizar el proceso de programación de Órdenes de Mantenimientos en sus pasos de creación, programación, notificación y cierre de avisos y órdenes de mantenimiento en el SAP; para poder contar con el programa mensual de cada técnico al inicio del mes.

1.3 HIPÓTESIS

El presente modelo de herramienta de gestión para el reporte, creación, programación, notificación y cierre de órdenes de trabajo para el área de mantenimiento de una empresa manufacturera que utilice el sistema SAP como ERP, reducirá el tiempo invertido en este proceso e incrementará la cantidad y calidad de información registrada en el SAP en la empresa donde se emplee.



1.4 VARIABLES

Cuadro 1: Variables
Fuente: Elaboración propia

Tipo	Variables	
Independiente	1. Uso del modelo de herramienta de gestión para el reporte, creación, notificación y cierre de órdenes de trabajo en el área de mantenimiento de una empresa manufacturera	
Tipo	Variables	Indicadores
Dependiente	2. Tiempo invertido los procesos de reporte, creación, programación, notificación y cierre de órdenes de mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none"> Notificación de operación toma un promedio de 1 minuto actualmente Los programas preventivos actualmente son compartidos al 4to día del mes o después
	3. Cantidad de información reportada de servicios realizados en cada equipo o activo de la empresa.	<ul style="list-style-type: none"> KPI de mezcla de mantenimiento, en donde se calcula la proporción de órdenes correctivas respecto de las preventivas. Rango meta: $60\% < x < 70\%$
	4. Calidad en la información de servicios realizado en cada equipo o activo de la empresa	<ul style="list-style-type: none"> Evaluación cualitativa a muestra proporcional de operaciones notificadas en un mes. Se espera un 100% de aprobación.

1.5 CAMPO DE VERIFICACIÓN

1.5.1 UBICACIÓN ESPACIAL

El ámbito de investigación, para donde se diseña y donde ejecuta la herramienta es el área de mantenimiento de elaboración y servicios de la planta cervecera ubicada en la

ciudad de Arequipa de la empresa Unión de Cervecerías Peruanas Backus y Johnston SAA.

1.5.2 UBICACIÓN TEMPORAL

El análisis del problema, formulación de la solución, diseño y ejecución de la herramienta se inicia en abril del 2015. Los datos tomados en la presente tesis fueron tomados hasta octubre del 2015

La situación encontrada se presenta desde la implementación del SAP en la referida empresa, desde el año 2007.

1.5.3 UNIDAD DE ESTUDIO

La unidad de estudio es el área de mantenimiento elaboración y servicios de la planta cervecera Backus Arequipa conformada por 6 supervisores, 8 mecánicos y 7 eléctrico-instrumentistas.



CAPITULO II

MARCO TEÓRICO



2.1 ANTECEDENTES DEL MANTENIMIENTO

La historia de mantenimiento acompaña el desarrollo Técnico-Industrial de la humanidad. El mantenimiento irrumpe con fuerza con la revolución industrial provocada por la aparición de la máquina de vapor, un periodo histórico comprendido entre la segunda mitad del siglo XVIII y principios del XIX, con la introducción de las primeras máquinas en las industrias textiles y los procesos de extracción del hierro, es en este contexto cuando se producen los primeros fallos y los primeros trabajos de reparación.

En este periodo histórico, las tareas de mantenimiento se limitaban a corregir las averías causadas por el proceso de producción, y es así como se crea el mantenimiento correctivo. Los primeros trabajos de reparación eran realizados por los mismos operarios que utilizaban los equipos. Hasta que llegó un punto en el 1910, que la cantidad de maquinaria industrial se había incrementado de forma exponencial, cosa que empezó a provocar que el trabajador invirtiera cada vez más de su tiempo laboral hacer trabajos de mantenimiento, perjudicando directamente a la producción.

Está claro, que esto no ha cambiado con los años y si algo preocupa a toda empresa es perder producción, este hecho gestó los primeros equipos de Mantenimiento Correctivo con personal de baja calidad, para liberar de este trabajo al personal de producción.

Todo esto cambia con la llegada de la producción en cadena, en 1913, implantada por Henry Ford. Se establecen los primeros programas de producción, y empieza la preocupación por los fallos o paros forzosos. La necesidad de cumplir con unos objetivos requiere de un servicio de mantenimiento dentro de la industria.

Durante los años 20, los efectos de las averías en la producción empiezan a ser un quebradero de cabeza y aparecen las primeras estadísticas sobre índices de fallos en motores y en equipos. Por el contexto de la segunda guerra Mundial, los países beligerantes tienen la necesidad de aumentar la rapidez de fabricación. En las

industrias militares de la época se empiezan a realizar inspecciones en los aviones de combate y un número concreto de piezas son sustituidas al alcanzar un número determinado de horas de funcionamiento. Es el origen del mantenimiento preventivo. En él se intenta no sólo de corregir los fallos, sino de evitarlos.

Pero no se aseguraba la producción con la calidad y cantidad deseada, aunque se aumentaron fuertemente los costos, en muchos casos se reemplazaban piezas en base a sus horas de funcionamiento, aunque no habían agotado su vida útil. En otros, el tiempo que se tardaba en analizar el fallo era mayor que el que se tardaba en su reparación.

En los años 50, un grupo de ingenieros japoneses desarrollara definitivamente el mantenimiento preventivo, considerando como válidas las recomendaciones de los fabricantes de los equipos, acerca de los cuidados que se debían tener en cuenta o acciones a realizar en las respectivas operaciones, máquinas o dispositivos. Cosa que provoco la creación de la Ingeniería del Mantenimiento, que era la responsable de organizar y planificar el mantenimiento preventivo, así como de analizar las causas y efectos de las averías.

Los años 60, la mejora en los instrumentos de protección y medición, como las técnicas de verificación mecánica a través de análisis de vibraciones y ruidos, y así se desarrolla la previsión de fallos, se consigue la optimización de los equipos y lo que es conocido como el mantenimiento predictivo.

Con la aparición de nuevas necesidades y exigencias tanto de calidad como de producción de los mercados, aparece el concepto del mantenimiento productivo (PM) gestado en los Estados Unidos. En ese momento, el departamento de mantenimiento deja atrás las tendencias anteriores de dedicarse solo al cuidado de las máquinas, pretendiendo que intervenga en la producción. Con modificaciones de diseño que mejoren la fiabilidad de los equipos, englobando así el mantenimiento correctivo y preventivo.

Fue realmente en el Japón donde se desarrolló y el estudio del sistema PM, Kaoru Ishikawa autor del Diagrama Espina de pescado, desarrolló los círculos de calidad. Los círculos consisten en trabajadores que estudian los conceptos y las técnicas de control de calidad de modo continuo, para encontrar soluciones a los problemas de su sección.

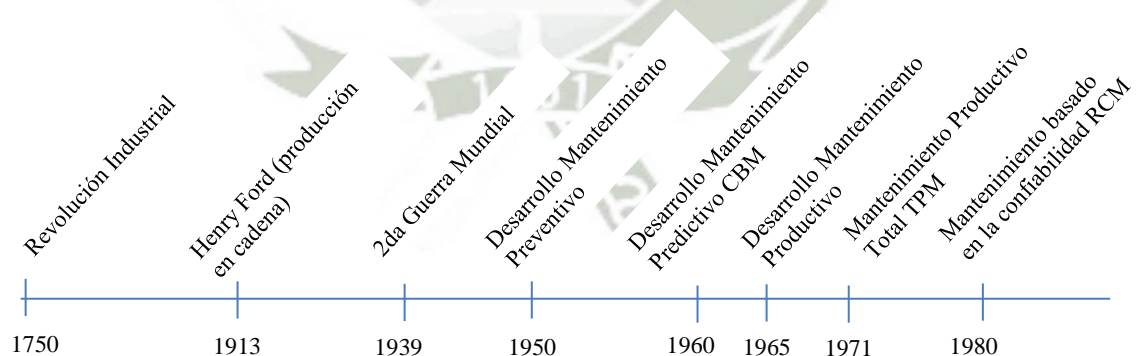
El 1971, Seiichi Nakajima, ideó el mantenimiento productivo total TPM basado en el Mantenimiento Productivo PM, integrando a todo el personal de la empresa (incluyendo a los proveedores) para ejecutar todo tipo de mantenimiento, y se apoya en los círculos de calidad QC. Implica un mejoramiento continuo en todos los aspectos.

El sistema tiene sus inicios en la empresa Toyota Motors y va expandiéndose en el sector de la automoción Japonés. Se implementará más tarde fuera del país.

En los años 80, se empieza a desarrollar el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM basado en el mantenimiento planificado y el enfoque hacia la confiabilidad y los costos. La cual cosa originó, el desarrollo de técnicas predictivas efectivas consensuadas con las condiciones de los equipos, así como por la propagación de los conocimientos de la confiabilidad en el mantenimiento²

Fig. 1: Hechos y estrategias de mantenimiento desarrolladas en el tiempo

Fuente: Elaboración Propia



² Fuente: Puig E. (2013). Mantenimiento e Ingeniería Instalaciones Industriales. Recuperado el 5 de agosto de 2015, de http://puigenginyindustrial.blogspot.pe/2013_07_01_archive.html

2.2 LA NECESIDAD DEL MANTENIMIENTO

Se define habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones industriales en servicio durante el mayor tiempo posible, buscando la más alta disponibilidad, y con el máximo rendimiento.

A lo largo del proceso industrial vivido desde finales del siglo XIX, la función mantenimiento ha pasado diferentes etapas. En los inicios de la revolución industrial, los propios operarios se encargaban de las reparaciones de los equipos. Cuando las máquinas se fueron haciendo más complejas y la dedicación a tareas de reparación aumentaba, empezaron a crearse los primeros departamentos de mantenimiento, con una actividad diferenciada de los operarios de producción. Las tareas en estas dos épocas eran básicamente correctivas, dedicando todo su esfuerzo a solucionar las fallas que se producían en los equipos.

A partir de la Primera Guerra Mundial, de la Segunda y sobre todo tras atravesar una grave crisis energética en el 73, empieza a concebirse el concepto de fiabilidad. La aviación y la industria automovilística lideran esta nueva corriente. Se desarrollan nuevos métodos de trabajo que hacen avanzar las técnicas de mantenimiento en varias vertientes:

- En la robustez del diseño, a prueba de fallos y que minimice las actuaciones de mantenimiento
- En el mantenimiento por condición, como alternativa al mantenimiento sistemático. Aparece el mantenimiento predictivo
- En el análisis de fallos, tanto los que han ocurrido como los que tienen una probabilidad tangible de ocurrir (fallos potenciales). Se desarrolla en Mantenimiento basado en Fiabilidad o RCM. El RCM como estilo de gestión de mantenimiento, se basa en el estudio de los equipos, en análisis de los modos de fallo y en la aplicación de técnicas estadísticas y tecnología de detección. Se podría afirmar que RCM es una filosofía de mantenimiento básicamente tecnológica.

- En el uso de la informática para el manejo de todos los datos que se manejan ahora en mantenimiento: órdenes de trabajo, gestión de las actividades preventivas, gestión de materiales, control de costes, etc. Se busca tratar todos estos datos y convertirlos en información útil para la toma de decisiones.
- En la implicación de toda la organización en el mantenimiento de las instalaciones. Aparece el concepto de TPM, o Mantenimiento Productivo Total, en el que algunas de las tareas normalmente realizadas por el personal de mantenimiento son ahora realizadas por operarios de producción. Esas tareas ‘transferidas’ son trabajos de limpieza, lubricación, ajustes, reaprietes de tornillos y pequeñas reparaciones. Se pretende conseguir con ello que el operario de producción se implique más en el cuidado de la máquina, siendo el objetivo último de TPM conseguir Cero Averías. Como filosofía de mantenimiento, TPM se basa en la formación, motivación e implicación del equipo humano, en lugar de la tecnología.

Por desgracia, muchas empresas todavía no han sufrido esta evolución en el mantenimiento y siguen ancladas en la oscura prehistoria del mantenimiento moderno. En muchas de ellas sigue siendo la reparación urgente de averías la que dirige la actividad de mantenimiento, es la planta la que dicta lo que debe hacerse y no los profesionales a cargo de la instalación. El porcentaje de empresas que dedican todos sus esfuerzos a mantenimiento correctivo es muy alto. Son muchos los responsables de mantenimiento, tanto de empresas grandes como pequeñas, que creen que la gestión del mantenimiento, la implantación de TPM o RCM, el análisis de fallos potenciales o incluso la simple elaboración de un plan de mantenimiento programado son conceptos muy interesantes en el campo teórico, pero que en la planta que dirigen no son aplicables: parten de la idea de que la urgencia de las reparaciones es la que marca y marcará siempre las pautas a seguir en el departamento de mantenimiento.

Existen una serie de razones por las que una instalación industrial debe plantearse cuál es el mantenimiento óptimo a realizar en ella, es decir, razones por las que debe

gestionar su mantenimiento evitando que sea la propia instalación obligue a los técnicos de mantenimiento a realizar intervenciones normalmente no programadas. Estas razones son las siguientes:

- El alto coste que supone en muchos casos la pérdida de producción. Este importe es en muchas ocasiones muy superior al simple coste de reparación o reposición de los elementos dañados.
- Porque la mayoría de las instalación no solo deben estar disponibles mucho tiempo, sino que además deben ser fiables. Eso supone que deben realizarse previsiones sobre la producción y que dichas previsiones se deben cumplir. Es el caso de las centrales eléctricas, de la industria del automóvil o de las refinerías, donde los compromisos de producción pueden hacer incurrir a la empresa en penalizaciones y sobrecostos realmente inasumibles.
- Porque la seguridad, y las interrelaciones con el medio ambiente son aspectos que han tomado una extraordinaria importancia en la gestión industrial. Es necesario gestionar estos aspectos para incluirlos en las formas de trabajo de los departamentos de mantenimiento.³

2.3 PROPÓSITOS DEL MANTENIMIENTO

El objetivo fundamental de mantenimiento no es reparar urgentemente las averías que surjan. El departamento de mantenimiento de una industrial tiene cuatro objetivos que deben marcar y dirigir su trabajo:

- Cumplir un valor determinado de Disponibilidad.
- Cumplir un valor determinado de Confiabilidad
- Asegurar una larga vida útil de la instalación en su conjunto, al menos acorde con el plazo de amortización de la planta.

³ Fuente: García S. (2009) Ingeniería del Mantenimiento. Madrid : Renovetec

- Conseguir todo ello ajustándose a un presupuesto dado, normalmente el presupuesto óptimo de mantenimiento para esa instalación.

2.3.1 DISPONIBILIDAD

La disponibilidad de una instalación se define como la proporción del tiempo que dicha instalación ha estado en disposición de producir, con independencia de que finalmente lo haya hecho o no por razones ajenas a su estado técnico.

El objetivo más importante de mantenimiento es asegurar que la instalación estará en disposición de producir un mínimo de horas determinado del año. Es un error pensar que el objetivo de mantenimiento es conseguir la mayor disponibilidad posible (100%) puesto que esto puede llegar a ser muy caro, anti rentable. Conseguir pues el objetivo marcado de disponibilidad con un coste determinado es pues generalmente suficiente.

La disponibilidad es un indicador que ofrece muchas posibilidades de cálculo y de interpretación. Así, para una central termosolar el objetivo de disponibilidad se centra en las horas en las que la planta recibe radiación directa, y es relativamente intrascendente que la central esté disponible para producir por la noche o en los días de lluvia o nubosidad abundante. La definición de la fórmula de cálculo de la disponibilidad tendrá un papel vital para juzgar si el departamento de mantenimiento de cualquier instalación industrial está realizando su trabajo correctamente o es necesario introducir algún tipo de mejora.

Los principales factores a tener en cuenta en el cálculo de la disponibilidad son los siguientes:

- N° de horas totales de producción.
- N^a de horas de indisponibilidad total para producir, que pueden ser debidas a diferentes tipos de actuaciones de mantenimiento:
 - Intervenciones de mantenimiento programado que requieran parada de planta.

- Intervenciones de mantenimiento correctivo programado que requieran parada de planta o reducción de carga.
- Intervenciones de mantenimiento correctivo no programado que detienen la producción de forma inesperada y que por tanto tienen una incidencia en la planificación ya realizada de la producción de energía.
- Número de horas de indisponibilidad parcial, es decir, número de horas que la planta está en disposición para producir pero con una capacidad inferior a la nominal debido al estado deficiente de una parte de la instalación, que impide que ésta trabaje a plena carga.

En cuanto a los valores aceptables de disponibilidad para muchos tipos de instalaciones industriales, conseguir objetivos de disponibilidad superiores al 92% de forma sostenida (un año o varios puede obtenerse, pero no de forma continuada) es un objetivo bastante ambiciosos. Las instalaciones industriales suelen buscar objetivos entre ese 92% y un 50%, en los casos menos exigentes en lo que se disponga de una capacidad de producción muy superior a lo que es capaz de absorber el mercado.

2.3.2 CONFIABILIDAD

La confiabilidad es un indicador que mide la capacidad de una planta para cumplir su plan de producción previsto. En una instalación industrial se refiere habitualmente al cumplimiento de la producción planificada, y comprometida en general con clientes internos o externos. El incumplimiento de este programa de carga puede llegar a acarrear penalizaciones económicas, y de ahí la importancia de medir este valor y tenerlo en cuenta a la hora de diseñar la gestión del mantenimiento de una instalación. Los factores a tener en cuenta para el cálculo de este indicador son dos:

- Horas anuales de producción, tal y como se ha detallado en el apartado anterior.
- Horas anuales de parada o reducción de carga debidas exclusivamente a mantenimiento correctivo no programado.

Como puede verse, no se tiene en cuenta para el cálculo de este objetivo ni las horas dedicadas a mantenimiento preventivo programado que supongan parada de planta ni las dedicadas a mantenimiento correctivo programado. Para un cálculo correcto y coherente de este factor debe definirse siempre cual es la distinción entre mantenimiento correctivo programado y no programado. Así, en muchas instalaciones industriales es habitual considerar que una avería detectada pero cuya reparación pueda posponerse 48 horas o más se considera mantenimiento correctivo programado, y por tanto no computa para calcular la fiabilidad. Una intervención que suponga la parada inmediata de la planta o una parada en un plazo inferior a 48 horas se considera mantenimiento correctivo no programado, y por tanto, su duración se tiene en cuenta a la hora de calcular la fiabilidad.

El objetivo de mantenimiento persigue que este parámetro esté siempre por encima de un valor establecido en el diseño técnico-económico de la planta, y su valor es habitualmente muy alto (igual o superior incluso al 98%). Una instalación bien gestionada no debería tener ningún problema para alcanzar este valor.

2.3.3 VIDA ÚTIL DE LA PLANTA

El tercer gran objetivo de mantenimiento es asegurar una larga vida útil para la instalación. Es decir, las plantas industriales deben presentar un estado de degradación acorde con lo planificado de manera que ni la disponibilidad ni la fiabilidad ni el coste de mantenimiento se vean fuera de sus objetivos fijados en un largo periodo de tiempo, normalmente acorde con el plazo de amortización de la planta. La esperanza de vida útil para una instalación industrial típica se sitúa habitualmente entre los 20 y los 30 años, en los cuales las prestaciones de la planta y los objetivos de mantenimiento deben estar siempre dentro de unos valores prefijados.

Un mantenimiento mal gestionado, con una baja proporción de horas dedicadas a tareas preventivas, con bajo presupuesto, con falta de medios y de personal, y basado en reparaciones provisionales degrada rápidamente cualquier instalación industrial.

Es característico de plantas mal gestionadas como a pesar de haber transcurrido poco tiempo desde su puesta en marcha inicial el aspecto visual no se corresponde con su juventud, en términos de vida útil.

2.3.4 PRESUPUESTO

Los objetivos de disponibilidad, fiabilidad y vida útil no pueden conseguirse a cualquier precio. El departamento de mantenimiento debe conseguir los objetivos marcados ajustando sus costes a lo establecido en el presupuesto anual de la planta. Este presupuesto ha de ser calculado con sumo cuidado, ya que un presupuesto inferior a lo que la instalación requiere empeora irremediabilmente los resultados de producción y hace disminuir la vida útil de la instalación; por otro lado, un presupuesto superior a lo que la instalación requiere empeora los resultados de utilidades.⁴

2.4 TIPOS DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento puede agruparse en dos tipos principales:

- El Mantenimiento Reactivo
- El Mantenimiento Proactivo

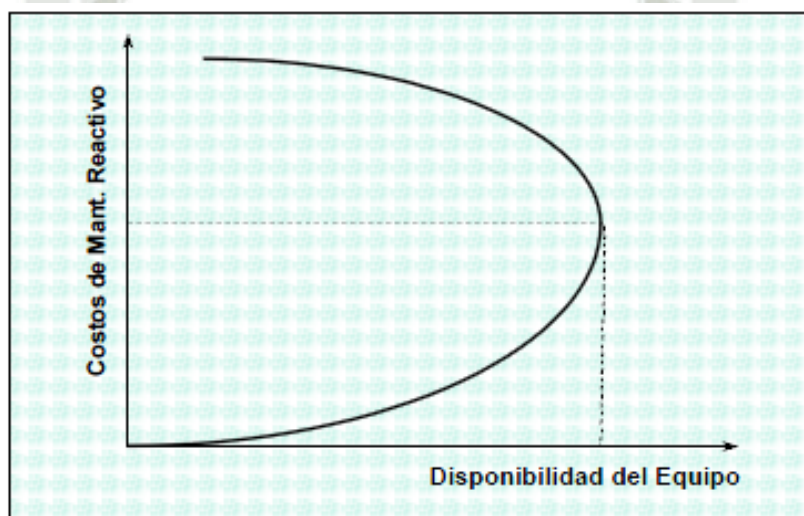
2.4.1 MANTENIMIENTO REACTIVO

Es el mantenimiento en el cual no se realiza ningún tipo de planificación ni programación. Corresponde así a la reparación imprevista de fallas y se practica en las empresas, en aquellos componentes de bajo costo, donde el equipo es de una naturaleza auxiliar que no está directamente relacionado con la producción. Si se realizara en equipos directamente relacionados con la producción los costos de mantenimiento serían sumamente elevados.

⁴ (Punto 2.3) Fuente: García S. (2009) Ingeniería del Mantenimiento. Madrid : Renovetec

El efecto que el Mantenimiento Reactivo tiene sobre la disponibilidad del equipo se muestra en la figura 2. Cuando el Mantenimiento Reactivo es reducido por las inspecciones de Mantenimiento Preventivo, la disponibilidad del equipo aumenta. Se debe tener cuidado en evitar ambos extremos. En algún lugar, a lo largo de la curva, está la situación más económica.

Fig.2

Efectos del Mantenimiento Reactivo sobre la disponibilidad del equipo⁵

Los sistemas de Mantenimiento Reactivo responden a una demanda de trabajo o a una necesidad identificada, normalmente por producción, y dependen de medidas de respuesta rápida para ser eficaces.

Las metas del enfoque reactivo son reducir el tiempo de respuesta y, por consiguiente, la reducción del tiempo de parada del equipo a un nivel aceptable. Este enfoque en algunos casos incorporará algún grado de mantenimiento preventivo y predictivo y se apoya en un sistema de gestión del mantenimiento computarizada.

Sin embargo, normalmente todavía es clasificado como un enfoque reactivo ya que las actividades del Proactivo representan menos del 50% de la actividad de mantenimiento total. Desafortunadamente este sistema híbrido ha sido aceptado por

⁵ Fuente: Tecsup Virtual. 2014 Planificación y Programación del Mantenimiento. Lima

muchas personas, sobre todo por las personas de mantenimiento, como el enfoque óptimo al mantenimiento.

2.4.2 MANTENIMIENTO PROACTIVO (MPA)

El Mantenimiento Proactivo se enfoca principalmente hacia el valor del equipo y a los procedimientos del predictivo. La amplia mayoría del trabajo correctivo, preventivo y del trabajo de modificación es generado internamente por la función de mantenimiento como resultado de las inspecciones y procedimientos del predictivo.

Las metas del método Proactivo son: rendimiento continuo del equipo a las especificaciones establecidas, mantenimiento de la capacidad productiva y la mejora continua.

Es el tipo de mantenimiento planificado y programado llevado a cabo con el fin de que la administración del mantenimiento sea más eficiente. Aquí se incorpora el concepto moderno de que las funciones de mantenimiento no deben corresponder únicamente al departamento de mantenimiento, sino que parte de esas funciones se deben asignar a los departamentos de producción, investigación y desarrollo, diseño, ingeniería, compras y finanzas, así como a los proveedores, a la gerencia general y a los operadores.

Este tipo de mantenimiento abarca:

- El Mantenimiento Preventivo (MP).
- El Mantenimiento Predictivo (MPd).
- El Mantenimiento Productivo Total (TPM).

2.4.2.1 EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO (MP)

Es el proceso de servicios periódicos (rutinarios) al equipo. Este puede ser desde una rutina de lubricación hasta la adaptación, después de un determinado tiempo, de piezas o componentes. El intervalo entre servicios puede ser en horas de operación número de cambios de operación, en tiempo (horas, días, semanas, meses, etcétera.). Una vez que se ha establecido el programa, se deberán realizar chequeos para verificar si el intervalo fijado es correcto.

Las tareas de MP se pueden agrupar de la siguiente manera:

- Tareas de rutina.
- Tareas de mantenimiento Global.
- Overhaul.

Tareas de Rutina

Las tareas de rutina de MP se pueden definir como las actividades sistemáticas para realizar:

- *Limpieza, lubricación, inspección, prueba, ajuste, reparaciones menores.*

Todo ello con la finalidad de mantener al equipo en perfectas condiciones de operación. Cada tarea normalmente toma pocos minutos y el tiempo de viaje del personal de mantenimiento excede usualmente el tiempo actual de trabajo en el equipo. El énfasis aquí es sobre lo sistemático, lo cual significa que hay un número de tareas diarias, semanales o mensuales realizadas de la misma manera repetidas veces.

Tareas de Mantenimiento Global

Son aquellas actividades que usualmente involucran:

- Parcial desmantelamiento del equipo.
- Empleo de varias herramientas.
- Reemplazo de numerosas partes o componentes.
- Alto nivel de habilidad del personal de MP.
- Mucho más tiempo que las tareas rutinarias.
- Planificación del Mantenimiento.
- Programación del equipo para una parada planificada.
- Pruebas de funcionamiento del equipo.

En este caso, el equipo normalmente no es retirado de su base y es beneficiosa la participación del operador, ya que es una excelente manera de aprender más sobre “mi máquina”.

El Overhaul del equipo (reconstrucción)

Normalmente involucra:

- Retiro del equipo de la línea de producción.
- Desmantelamiento total del equipo.
- Reemplazo o reconstrucción de muchas partes, componentes o sistemas.
- Empleo de muchas herramientas, incluyendo máquinas y herramientas.
- Alto nivel de habilidades del personal de MP.
- Repintado del equipo.
- La participación de los proveedores.
- Recalibración y prueba de funcionamiento.
- Reinstalación en la línea de producción.
- Mayor tiempo para su ejecución.
- Un planificador/programador de Mantenimiento.

Se realiza cuando el equipo puede ser sacado de la línea de producción por un extenso periodo de tiempo. Se permite hacer, normalmente, modificaciones mayores, rediseños o implantación de alguna mejora técnica.

El costo de este tipo de mantenimiento se muestra en la figura 3. Al principio es más económico operar el equipo hasta que se presente una falla (mantenimiento correctivo). Sin embargo, cuando el costo de reparación llega a ser mayor que el costo de reemplazo, es tiempo de programar un Overhaul.

Después de realizar este tipo de mantenimiento, normalmente se reestructura el equipo a una condición próxima a la nueva. La tasa de fallas cae drásticamente.

2.4.2.2 EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO (MPD)

El Mantenimiento Predictivo (MPd) normalmente se realiza separadamente del MP, especialmente si lo realiza el departamento de ingeniería. Sin embargo, sirve para el mismo propósito que el MP: prevenir fallas del equipo, prediciendo cuándo va a fallar un cierto componente, por ejemplo un rodamiento, una caja de engranajes, o un motor. El MPd incluye una serie de pruebas y análisis (criterios) tales como:

- Análisis de Vibraciones.
- Pruebas de Aislamiento (Megger).
- Análisis espectrográfico de Aceite.
- Termografía.
- Inspección Infrarroja.
- Ensayos no destructivos.
- Análisis acústico.

Este tipo de mantenimiento utiliza aparatos de prueba sofisticados para ayudar a predecir cuándo fallará algún componente del equipo. Estos aparatos de prueba pueden estar incluso interactuando con un microprocesador para graficar tendencias de desgaste del equipo y mejorar las estimaciones sobre la condición del mismo. Tal sistema permite tomar decisiones lógicas como el reemplazo de partes gastadas en un turno de reparación, que no interfiera con la producción.

2.4.2.3 EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

En Japón, se define como: “El Mantenimiento Productivo que involucra la participación de todos⁶”. Parte de esta definición incluye, la maximización de la efectividad de los equipos, el establecimiento de un sistema de MP completo y el compromiso de que “el TPM involucre a cada empleado de la compañía”.

Una definición más apropiada y aceptable se concentra en la máquina. El Sr. Edward Hartmann⁷ ha definido así el TPM para ser aplicado en las compañías de Occidente: “El TPM mejora permanentemente la efectividad global de los equipos, con la activa participación de los operadores”.

Esta definición enfatiza en “la efectividad global del equipo” y no en el mantenimiento y en “una activa participación de los operadores” en vez de “todos los empleados de la compañía”.

⁶ Definición de Seiichi Nakajima, ingeniero mecánico que introdujo el MP en Japón en 1951. Es el actual vicepresidente del Instituto japonés de Mantenimiento de Plantas y llamado "El padre del TPM".

⁷ El ingeniero Edward Hartmann, es fundador y presidente del International TPM Institute, Inc. El ha atendido consultorías a clientes en el área de gestión de Mantenimiento y mejoramiento de la productividad del Mantenimiento por más de 25 años. Es conocido como el "Padre del TPM en los Estados Unidos", ha desarrollado y aplicado un enfoque de éxito para instalar el TPM en plantas Occidentales.

Mientras el TPM involucre, además del personal de Mantenimiento y operadores, a ingenieros, vendedores, supervisores y otros, la mejora de la efectividad global del equipo estará claramente acompañada de un buen equipo de trabajo.

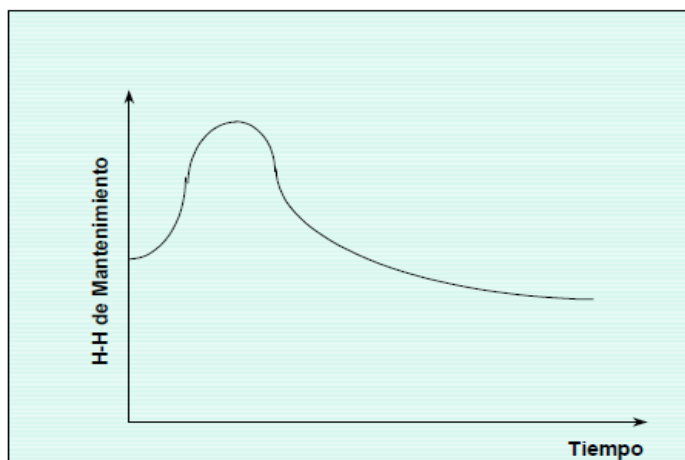
Parte del mejoramiento y del mantenimiento de los equipos a su más alto nivel de rendimiento es adoptar metas ambiciosas. Como las metas “Cero defectos” de calidad de gestión, las metas del TPM son similares respecto de los equipos:

- Cero tiempos de parada no planeada.
- Cero productos defectuosos causados por equipos.
- Cero pérdidas de velocidad de equipos.

Conforme el programa de mantenimiento progresa, notamos que todos los tipos previos de mantenimiento mencionados, tienen su lugar en la organización. El costo del equipo, las pérdidas de producción y de horas - hombre y tiempos de reparación serán comparados con el costo del mantenimiento Proactivo, para ver qué equipos necesitan mantenimiento y qué equipos no.

Cualquier programa de mantenimiento Proactivo diseñado y ejecutado adecuadamente se pagará por sí solo. La implantación y ejecución aumentarán los costos totales de mantenimiento al inicio, pero después de un período de tiempo los costos totales disminuirán por debajo del nivel original. (Ver Figura 3).

Fig.3

Costo inicial (HH) disminuido por un adecuado MP.⁸

El mantenimiento es una parte vital del negocio para la mayoría de industrias de manufactura y de proceso. Representa el mayor costo controlable para la mayoría de las industrias en un negocio muy competitivo y su mejora podría ser la clave a su supervivencia. Sin tener en cuenta su visión de mantenimiento para el futuro, no debe olvidarse que el mantenimiento es una función muy compleja que involucra un número increíble de variables. Las soluciones técnicas, orgánicas o directivas simples no existen. Sin embargo, este contexto se verá como un modelo que puede ayudar pasar de un enfoque reactivo costoso, a un enfoque Proactivo, de inversión al mantenimiento.⁹

⁸ Fuente: Tecsup Virtual. 2014 Planificación y Programación del Mantenimiento. Lima

⁹ (Punto 2.4) Fuente: Tecsup Virtual. 2014 Planificación y Programación del Mantenimiento. Lima

2.5 ERP (PLANIFICADOR DE RECURSOS EMPRESARIALES)

ERP son las siglas de Enterprise Resource Planning o Planificación de Recursos de la Empresa y básicamente es una arquitectura de software para empresas que facilita e integra la información entre las funciones de manufactura, logística, finanzas y recursos humanos de una empresa.

Los sistemas de ERP cuentan con un largo currículo de cerca de 40 años, acumulando algunos errores y éxitos. Su evolución se dio como una herramienta estratégica al mismo tiempo en que las tecnologías de información también evolucionaban, y a través de los sucesivos mejoramientos de las técnicas de gestión.

Antes de la década de 60, y con el objetivo de garantizar el correcto funcionamiento organizacional de las empresas, gran parte de los negocios eran apoyados por técnicas de gestión de inventarios. A partir de los años 60, surge una nueva técnica con el nombre MRP Material Resource Planning (Planificación de Pedidos de Material), técnica esta que irá a conocer su segunda fase, los años 80 que se hablara a continuación. Era una forma activa de gestionar y planear inventarios, explorando en busca de los productos finales a través de una planificación de producción específica y su transformación en una tabla ordenada de órdenes de pedidos y producción, no dejando de lado las cantidades en stock.

El MRP obtuvo excelentes resultados al nivel de:

- Reducir la cantidad de los stocks en almacén;
- Reducir los tiempos de producción y distribución, pues mejoraban la coordinación disminuyendo así los atrasos;
- Aumento de la eficiencia a todos los niveles.

Esta técnica probó ser un excelente método de gestión de inventarios, pero pecaba en otras importantes áreas de las empresas u organizaciones.

Con la llegada de los años 70, aparece una nueva técnica semejante al MRP pero modificada al nivel de la lógica de funcionamiento original. Era a CLMRP Closed Loop Material Resource Planning (Planificación de Pedidos de Material de Ciclo Cerrado).

Alrededor de la década de 80, surge la evolución de este, el MRP-II que abordaba el concepto de la planificación de recursos de producción y la necesidad de ensanchar la gestión en otras áreas de la empresa. Surge así un método efectivo de gestión de todos los recursos de una empresa que transforma la planificación operacional en unidades, la planificación financiera en dinero y, por su parte, tiene capacidad de efectuar simulaciones basadas en preguntas What If? (y que si?). Es hecho a partir de una variedad de funciones que se interrelacionan entre sí (Surge aquí ya el primer concepto de ERP): planificación de negocios, planificación de producción, tablas de tiempos de producción, planificación de material y requisitos, planificación de capacidades y el funcionamiento del sistema para capacidades y prioridades.

Fig.4

Aristas del sistema ERP¹⁰

¹⁰ Fuente: Informática Hoy. (2011). Software ERP - Enterprise Resource Planning. Recuperado el 7 de agosto de 2015, de <http://www.informatica-hoy.com.ar/software-erp/Evolucion-Historica-del-Software-ERP.php>

Lo que resulta de este sistema debe ser integrado con otros informes financieros, tales como balances, pedidos, compras, stocks, producción, etc. Los MRP II tuvieron serios contratiempos, pues asumían tiempos de producción fijos, capacidades infinitas, procesamiento en batch, etc.

Al largo de los años, otras importantes herramientas evolucionaron automatizando todo el proceso de gestión de producción:

- Dibujo auxiliado por ordenador;
- Producción auxiliada por ordenador;
- Producción integrada por ordenador;
- Sistemas de gestión de producción influenciada por clientes.

Pasado, más o menos, una década, alrededor de 90, y ya con todas las innovaciones tecnológicas de la época y su necesidad de expansión la áreas tan distinguidas como la Ingeniería, Finanzas, Recursos Humanos, Gestión de Proyectos, Servicios y Banca, es decir, todas las actividades que son inherentes a cualquier empresa, totalmente integradas en una solución. Surge el ERP Enterprise Resource Planning (Software de Gestión Empresarial). Un hecho importante es que se integren todos los subsistemas existentes en una empresa, los ERP consiguen resultados mejores que el total de los subsistemas en separado. El todo es mayor que la suma de sus partes.

Casi todos los sistemas de aplicaciones tradicionales usados en separado por algunas empresas nada más son herramientas de manipulación de datos. Almacenan datos, los procesan y los presentan de forma apropiada requerida por el usuario. En este proceso, el único problema es que no hay conexión aparente entre los diversos sistemas usados por los diferentes departamentos. Un sistema ERP hace lo mismo, pero de una manera diferente trata los datos y los integrados de forma a que sean utilizados por múltiples usuarios en múltiples departamentos y para diferentes fines que no fueron el objetivo inicial.

La constante evolución de la tecnología y la reducción del precio del hardware hicieron que las pequeñas y medias empresas pudieran tener un sistema ERP. Los primeros ERP fueron inicialmente desarrollados para funcionar en mainframes. Con la llegada de los famosos PCs y las arquitecturas cliente/servidor de múltiples capas en Unix, La as/400 y Windows NT, la relación con SGBD (Sistemas de Gestión de Bases de Datos) y su integración con tecnologías Web contribuyó en gran medida para la facilidad de utilización de los sistemas ERP.

También es importante la transferencia de datos electrónicamente por los diversos departamentos de una empresa, visto que los mismos se encuentran distribuidos por tiendas, puestos de distribución, almacenes, y ni siquiera todo está en el mismo local, de hecho, pueden encontrarse a más de 300 km de distancia. Sistemas como lo Internet, Intranet, Workflow, Workgroups, Groupware, Datamining, Datawarehousing, etc, influyen a los ERP para una evolución hacia el futuro.

Los ERP evolucionaron hasta los días de hoy y continúan en constantes evolución, pues intentan de una forma u otra acompañar la evolución de las propias tecnologías computacionales.¹¹

2.6 EL SISTEMA SAP

Las siglas SAP (Sistemas, Aplicaciones y Productos) identifican a una compañía de sistemas informáticos con sede en Alemania, que se introdujo en el mercado de los sistemas de información con un producto denominado SAP R/2, antecesor al SAP R/3.

Este sistema está organizado en un conjunto de módulos de software cliente/servidor a tres niveles en la versión R/3, que significa Real Time (Tiempo Real) / 3capas (Presentación, Aplicación, Base de Datos), al que añade un módulo de "Workflow" para la optimización y la reingeniería de los procesos de negocio.

¹¹ Fuente: Informática Hoy. (2011). Software ERP - Enterprise Resource Planning. Recuperado el 7 de agosto de 2015, de <http://www.informatica-hoy.com.ar/software-erp/Evolucion-Historica-del-Software-ERP.php>

El Sistema SAP (Sistemas, Aplicaciones y Producto) se basa en el concepto de combinar todas las actividades de negocio y los procesos técnicos de una empresa en una solución informática simple, integrada, robusta y fiable.¹²

2.6.1 La Empresa SAP

SAP AG (Systeme, Anwendungen und Produkte) (Sistemas, Aplicaciones y Productos), con sede en Walldorf (Alemania), es el primer proveedor de aplicaciones de software empresarial en el mundo. Como empresa, comercializa un conjunto de aplicaciones de software para soluciones integradas de negocios, entre ellas My SAP Business Suite, que provee soluciones escalables que permiten mejorar continuamente, con más de 1.000 procesos de negocio consideradas las mejores prácticas empresariales.

SAP fue fundada en 1972 en la Ciudad de Mannheim, Alemania; por antiguos empleados de IBM (Claus Wellenreuther, Hans-Werner Hector, Klaus Tschira, Dietmar Hopp y Hasso Plattner) bajo el nombre de "SAP Systemanalyse und Programmentwicklung". El nombre fue tomado de la división en la que trabajaban en IBM. Después de haber dominado el mercado, la empresa afronta una mayor competencia de Microsoft e IBM. En marzo de 2004 cambió su enfoque de negocio en favor de crear la "plataforma" que desarrolla y utiliza, la nueva versión de su software NetWeaver. Es en este punto donde SAP se encuentra enfrentado con Microsoft e IBM, en lo que se conoce como "la guerra de las plataformas". Microsoft ha desarrollado una plataforma basada en la Web llamada NET, mientras IBM ha desarrollado otra llamada WebSphere.

A comienzos del 2004 sostuvo conversaciones con Microsoft sobre una posible fusión. Las empresas dijeron que las conversaciones finalizaron sin un acuerdo. Sin embargo, a comienzos del 2006 fue anunciada una alianza muy importante entre SAP y Microsoft para integrar las aplicaciones ERP de SAP con las de Office de Microsoft bajo el nombre de proyecto "Duet". La compra de SAP por parte de Microsoft habría

¹² Fuente: Turmero I. Hoy. (2011). El sistema SAP. Recuperado el 7 de agosto de 2015, de <http://www.monografias.com/trabajos94/el-sistema-sap/el-sistema-sap.shtml>

sido uno de los acuerdos más grandes en la historia de la industria del software, dado el valor de mercado de la alemana, de más de 55.000 millones de euros.

SAP ha conquistado clientes de forma consistente para aumentar la cuota del mercado global entre sus cuatro principales competidores a un 55% a fines de 2009, desde un 48% dos años antes. La participación combinada de Oracle y PeopleSoft declinó de un 29% a un 23%.

2.6.2 El Módulo SAP R/3

El sistema SAP R/3 es un sistema integrado. Esto significa que una vez que la información es almacenada, está disponible a través de todo el sistema, facilitando el proceso de transacciones y el manejo de información. Por ejemplo, si un departamento necesita comprar un ventilador industrial para un nuevo edificio, este es buscado desde ese momento y con el más apropiado vendedor. Con el sistema SAP R/3, el siguiente paso es dar de alta la orden de compra, la cual automáticamente ordena los fondos necesarios. En este punto todas las oficinas que necesiten saber sobre esta compra, tendrán la información. Por lo tanto, lo anterior no requerirá producir o tramitar copias de papeles de la compra y/o facturarla para el uso de varios departamentos administrativos, sino lo tendrán la información necesaria en sus sistemas computacionales. Una vez que el ventilador industrial es recibido, el departamento notificará del hecho al sistema SAP R/3 y se pagará la factura sin la necesidad de aprobaciones futuras. La oficina central de contabilidad puede hacer los cálculos por cargos extras. La oficina de activos, a través del sistema R/3 sabe que el ventilador fue entregado y desde ese momento puede empezar a hacer el cálculo de las depreciaciones. La oficina de mantenimiento también estará enterada del hecho y comenzará a hacer el calendario de mantenimiento para el ventilador, así hacer un historial del ventilador fácilmente.

El sistema SAP R/3 tiene un conjunto de normas estándares en el área de software de negocios. Las aplicaciones o módulos de SAP R/3 se dividen en tres grandes áreas: Financiera, logística y de recursos humanos. Estos tres grupos no son independientes unos de otros. Además de éstos, existen otros componentes, llamados Cross

Aplications, que son válidos para todas las aplicaciones. Los principales módulos del sistema R/3 incluyen cientos de procesos de negocio para satisfacer las necesidades de las empresas en sus aplicaciones de gestión e información.

Las aplicaciones del programa funcionan de modo integrado, de forma que existe una conexión implícita entre los procesos financieros y logísticos, y también con los humanos.

Los diferentes módulos que componen el sistema R/3 son:

- **Finanzas**
 - FI (Gestión financiera)
 - CO (Controlling o Contabilidad de costes)
 - EC (Controlling Corporativo)
 - IM (Gestión de inversiones)
 - TR (Tesorería)
- **Recursos Humanos**
 - PA (Administración de personal)
 - PD (Desarrollo y planificación personal)
 - IS (Solución vertical para industrias)
- **Logística**
 - PS (Sistema de control de proyectos)
 - PP (Planeamiento de la producción)
 - PM (Mantenimiento)
 - QM (Control de calidad)
 - SD (Ventas y Distribución)
 - MM (Gestión de Materiales)

PS - MÓDULO SISTEMA DE PROYECTOS

Con este módulo se pueden distinguir los siguientes grupos de tareas como:

- ✓ Planificación aproximada inicial, con tiempos y valores establecidos desde un desglose de la estructura de trabajo o, al menos, desde un listado de los que hay que hacer.
- ✓ Planificación ajustada, que puede utilizar elementos de costo o métodos de cálculo de costos unitarios e implicar la inserción manual de fechas críticas,

detalles de las actividades, programación automática con R/3 y la identificación de las actividades del camino crítico.

- ✓ Coordinación de los recursos a través de requisiciones de compras automáticas y planes de reserva de materiales, control de inventario de existencia, planificación en red del equipo de personas, capacidades, materiales, recursos operativos y servicios.
- ✓ Seguimiento de los materiales, capacidades y fondos, toda vez que el proyecto se aprueba y ejecuta utilizando la administración de presupuestos, la reserva y asignación de fondos, comprobando su disponibilidad, así como la de los materiales y capacidades, con una alarma a la dirección del proyecto en caso de exceder ciertos límites.
- ✓ Finalización del proyecto, con análisis de los resultados y cancelación.

PP - MÓDULO PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

Este módulo ha sido diseñado para ser utilizado en cualquier sector industrial. Provee procesos comprensivos para todo tipo de manufactura. El enfoque clásico de la planificación de los requisitos de material (MRP II) parte de la planificación de las operaciones que debe llevarse a cabo, tanto en el área de ventas o pedidos, como en la de proyectos. A partir de esta fase inicial el sistema ofrece métodos aceptados de planificación y control de los materiales hasta la entrega misma de los productos.

La administración integrada de la cadena de suministro es el método que utiliza SAP para construir y soportar la planificación y el control de la producción.

PM - MÓDULO MANTENIMIENTO DE PLANTA

Provee una planeación y el control del mantenimiento de la planta a través de la calendarización, así como las inspecciones, mantenimientos de daños y administración de servicios para asegurar la disponibilidad de los sistemas operacionales, incluyendo plantas y equipos entregados a los clientes.

QM - MÓDULO ADMINISTRACIÓN DE LA CALIDAD

Monitorea, captura y maneja todos los procesos relevantes relacionados con el mantenimiento de la calidad a lo largo de la cadena de suministros, coordina la inspección de los procesos e inicia la corrección de medidas e integra laboratorios de sistemas de información.

SD - MÓDULO VENTAS Y DISTRIBUCIÓN

El diseño de este módulo hace hincapié en el uso de una estrategia de ventas que responda a las condiciones del mercado. Al personalizar el sistema, una de las prioridades debe de ser desarrollar una estructura de datos que pueda registrar, analizar y controlar las actividades que satisfagan a los clientes y que reporten un beneficio adecuado en el siguiente ejercicio contable y en el futuro. Este módulo proporciona un conjunto de registros maestros de datos y un sistema de transacciones comerciales documentadas.

MM - MÓDULO ADMINISTRACIÓN DE MATERIALES

El objetivo del módulo MM-Administración de materiales es proporcionar un soporte detallado de las actividades diarias para todo tipo de empresa que consuman materiales en sus procesos de producción, incluidos la energía y los servicios.

Además de estas soluciones estándares, el ambiente de desarrollo de SAP y su sistema de información, proveen a los clientes con poderosas herramientas para desarrollo y adaptación del sistema a los requerimientos individuales (personalización). El ambiente de desarrollo del sistema R/3 ofrece a los usuarios su propio lenguaje de programación de cuarta generación (ABAP/4), creado especialmente para las necesidades comerciales.

El amplio rango de servicios que ofrece el sistema, sin embargo, es solamente una de las causas del éxito del sistema R/3. SAP soporta el concepto de sistema abierto, construcción de interfaces (GUIs), servicios, sobre los actuales estándares.¹³

¹³ Fuente: Turmero I. Hoy. (2011). El sistema SAP. Recuperado el 7 de agosto de 2015, de <http://www.monografias.com/trabajos94/el-sistema-sap/el-sistema-sap.shtml>

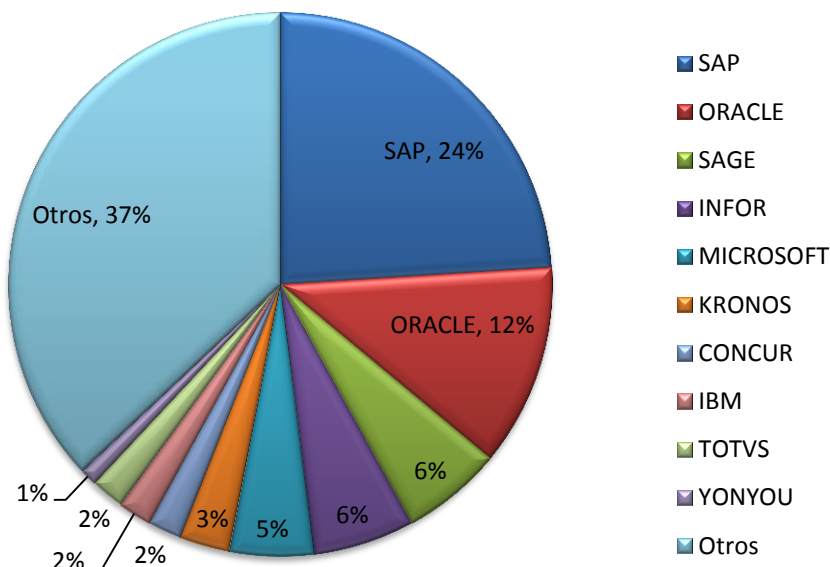
2.6.3 Participación del SAP en el mercado

El reciente informe del comportamiento y participación de mercado de software ERP mundial en el 2014, publicado el 05 de mayo 2015 por distinguidos analistas de Gartner Inc¹⁴, proporciona una excelente visión general del estado actual del mercado

- El mercado mundial de software ERP creció 3.8% de \$24.4B en 2013 a \$25.4B el 2014.
- SAP retuvo su liderazgo en el mercado en el 2014, vendiendo \$6.1B en software ERP comparado con los \$6B del 2012. Oracle se ubica en el segundo lugar con \$3B vendidos en 2014, bajando 2% con respecto a las ventas del 2013 de \$3.1B. Sage es el tercero con \$1.5B en ventas en el 2014, Infor ocupa el cuarto lugar de ventas con \$1.5B, y Microsoft es el quinto con \$1.2B de ventas en el 2014. El siguiente gráfico muestra la cuota de mercado mundial de software ERP en el 2014.

Figura 5: Cuota de mercado de software ERP Mundial 2014

Tamaño de mercado: \$25.4B, 3.8% mayor que el 2013¹⁵



¹⁴ Gartner, Inc. (EEUU) es la compañía de asesoramiento líder en investigación de tecnologías de información más importantes del mundo.

¹⁵ Fuente: FORBES 2015 Gartner's ERP Market Share Update. Recuperado el 10 agosto del 2015 de <http://www.forbes.com/sites/louiscolumbus/2014/05/12/gartners-erp-market-share-update-shows-the-future-of-cloud-erp-is-now/>

2.7 VISUAL BASIC FOR APLICATIONS

Microsoft VBA (Visual Basic for Applications) es el lenguaje de macros que se utiliza para programar aplicaciones Windows y que se incluye en varias aplicaciones Microsoft. VBA permite a usuarios y programadores ampliar la funcionalidad de programas de la suite Microsoft Office. Visual Basic para Aplicaciones es un subconjunto casi completo de Visual Basic 5.0 y 6.0.

Microsoft VBA viene integrado en aplicaciones de Microsoft Office, como Word, Excel, Access y Powerpoint. Prácticamente cualquier cosa que se pueda programar en Visual Basic 5.0 o 6.0 se puede hacer también dentro de un documento de Office, con la sola limitación que el producto final no se puede compilar separadamente del documento, hoja o base de datos en que fue creado; es decir, se convierte en una macro (o más bien súper macro). Esta macro puede instalarse o distribuirse con sólo copiar el documento, presentación o base de datos.

Su utilidad principal es automatizar tareas cotidianas, así como crear aplicaciones y servicios de bases de datos para el escritorio. Permite acceder a las funcionalidades de un lenguaje orientado a eventos con acceso a Windows.

El desarrollo de las herramientas automáticas en el sistema SAP desarrolladas en el presente estudio, es realizado es el lenguaje de programación del VBA, a partir de datos ordenados y acondicionados en su formato de hojas de cálculo del Microsoft Excel.¹⁶

¹⁶ Fuente: Wikipedia. 2015. Visual Basic for Applications. Recuperado el 10 agosto del 2015 de https://es.wikipedia.org/wiki/Visual_Basic_for_Applications

2.8 ANÁLISIS CAUSA RAIZ

Análisis de Causa Raíz (ACR o RCA en sus siglas en inglés) es un método para la resolución de problemas que intenta evitar la recurrencia de un problema o defecto a través de identificar sus causas. Existen varias medidas efectivas (métodos) que abordan las causas raíz de un problema, Por lo tanto ACR es un proceso reiterativo y una herramienta para la mejora continua.

Esta metodología es usada normalmente en forma reactiva para identificar la causa de un evento, para revelar problemas y resolverlos. El análisis se realiza después de ocurrido el evento. Con un buen entendimiento de los ACR permite que la metodología sea preventiva y pronosticar eventos probables antes de que sucedan.

El análisis de causa raíz no es una metodología simple y definida; hay muchas herramientas, procesos y filosofías a la hora de realizar un ACR. Sin embargo, existen varios abordajes de amplia definición o corrientes que pueden identificarse por su tratamiento sencillo o su campo de origen: basados en la seguridad, basados en la producción, basados en los procesos, basados en las fallas, y basados en los sistemas.¹⁷

2.9 EL CICLO DE DEMING – PHVA

Una herramienta para la Mejora Continua: Frente a los desafíos del mundo altamente competitivo y lleno de cambios, que estamos viviendo en el siglo XXI, las empresas se han visto obligadas a redoblar sus esfuerzos para ser cada día más competitivas. En el mercado ha prevalecido una competencia feroz y lo menos que una organización puede hacer es trabajar para su supervivencia. En este contexto salir al encuentro de la mejora continua se ha vuelto una necesidad para todas las empresas.

Tradicionalmente en muchas organizaciones los procesos y los proyectos se han estado visualizando de una manera lineal, donde se comienza a trabajar con los pedidos del cliente y, una a vez culminado cada trabajo se inicia el siguiente y así sucesivamente hasta lograr

¹⁷ Duke Okes (2009). Root Cause Analysis; The Core of Problem Solving and Corrective Action. American Society for Quality, Quality Press, Milwaukee.

el producto final. En otras palabras, el proceso de la organización tiene un inicio y fin, el cual no es otro que obtener los resultados previstos según sus objetivos.

Pero actualmente, se requiere una transformación en la manera de pensar y actuar de la Organización.

W. Edward Deming afirmó: “La administración se encuentra en un estado estable y solo una transformación profunda es necesaria para salir del estado actual y no unos simples remiendos al sistema de gestión actual”.

Bajo este enfoque, la empresa tiene que verse como un sistema integrado donde intervienen procesos, recursos y controles orientados al logro de los objetivos y metas de la organización.

Las bases de este cambio son la adopción de una nueva filosofía de calidad, el compromiso gerencial y la búsqueda incesante del mejoramiento. A este proceso se le denomina Mejora Continua. La Mejora Continua es algo más que aplicar una serie de herramientas o técnicas que se pueden aprender en un seminario o curso, es una visión total y diferente de la organización y un modo de vida organizacional que debe aprenderse, reaprenderse y refinarse con el tiempo en un medio propicio.

La Mejora Continua es también conocida como Kaizen, una palabra de origen japonés, donde Kai" significa cambio y "Zen" significa para mejor. La mejora continua debe ser parte de la filosofía y la planificación de cada organización y también debe ser tomada en serio desde la Alta Dirección. Tener la voluntad de querer mejorar de forma continua es necesario, tanto en lo personal como en lo profesional y organizacional.

Preocuparse por la mejora continua significa preocuparse por la supervivencia, pues esta contribuye mucho a que una organización avance.

La Mejora Continua consiste en desarrollar ciclos de mejora en todos los niveles, donde se ejecutan las funciones y los procesos de la organización. Con la aplicación de una modalidad circular, el proceso o proyecto no termina cuando se obtiene el resultado deseado, sino que más bien, se inicia un nuevo desafío no sólo para el responsable de cada proceso o proyecto emprendido, sino también para la propia organización.

Además, permite identificar las oportunidades de mejora y se aplican análisis con métodos más simples y eficientes para reducir costos, eliminar desperdicios y mejorar la calidad de los productos y los servicios.

Hace años, W. Edward Deming presentó a los japoneses el ciclo PHVA Planifique – Haga – Verifique y Actúe (en inglés PDCA Plan-do-check-act). Los japoneses lo recibieron de buen grado como una metodología para llevar a la práctica lo que ellos ya conocían como KaiZen. Recientemente, este ciclo es adoptado por la familia de normas ISO 9000, de la norma ISO 9001:2008, común ciclo de mejora continua. Este ciclo es también denominado de Deming, en honor del hombre que lo popularizó, y el cual fue sugerido por primera vez por Walter Shewart a comienzos del siglo veinte).

El ciclo PHVA es un ciclo dinámico que puede ser empleado dentro de los procesos de la Organización. Es una herramienta de simple aplicación y, cuando se utiliza adecuadamente, puede ayudar mucho en la realización de las actividades de una manera más organizada y eficaz. Por tanto, adoptar la filosofía del ciclo PHVA proporciona una guía básica para la gestión de las actividades y los procesos, la estructura básica de un sistema, y es aplicable a cualquier organización.

A través del ciclo PHVA la empresa planea, estableciendo objetivos, definiendo los métodos para alcanzar los objetivos y definiendo los indicadores para verificar que en efecto, éstos fueron logrados. Luego, la empresa implementa y realiza todas sus actividades según los procedimientos y conforme a los requisitos de los clientes y a las normas técnicas establecidas, comprobando, monitoreando y controlando la calidad de los productos y el desempeño de todos los procesos clave.

Luego, se mantiene esta estrategia de acuerdo a los resultados obtenidos, haciendo girar de nuevo el ciclo PHVA mediante la realización de una nueva planificación que permita adecuar la Política y los objetivos de la Calidad, así como ajustar los procesos a las nuevas circunstancias del mercado. De manera resumida, el ciclo PHVA se puede describir así:

1. Planificar:

Se establecen las actividades del proceso, necesarias para obtener el resultado esperado.

Al basar las acciones en el resultado esperado, la exactitud y cumplimiento de las

especificaciones a lograr se convierten también en un elemento a mejorar. Cuando sea posible conviene realizar pruebas de preproducción o pruebas piloto para probar los posibles efectos.

- Recopilar datos para profundizar en el conocimiento del proceso.
- Detallar las especificaciones de los resultados esperados.
- Definir las actividades necesarias para lograr el producto o servicio, verificando los requisitos especificados.

2. Hacer:

Se ejecuta el plan estratégico, lo que contempla: organizar, dirigir, asignar recursos y supervisar la ejecución, mientras se recopilan datos para verificarlos y evaluarlos en los siguientes pasos.

3. Verificar:

Pasado un periodo previsto de antemano, los datos de control son recopilados y analizados, comparándolos con los requisitos especificados inicialmente, para saber si se han cumplido y, en su caso, evaluar si se ha producido la mejora esperada.

- Monitorear la implementación y evaluar el plan de ejecución documentando las conclusiones.

4. Actuar:

Con base en las conclusiones del paso anterior elegir una opción:

- Si se han detectado errores parciales en el paso anterior, realizar un nuevo ciclo PDCA
- Si no se han detectado errores relevantes, aplicar a gran escala las modificaciones de los procesos.
- Si se han detectado errores insalvables, abandonar las modificaciones de los procesos.
- Documentar el proceso y ofrecer una realimentación para la mejora en la fase de planificación.

Actualmente algunos expertos prefieren denominar este paso "Ajustar". Esto ayuda a las personas que se inician en el ciclo PDCA a comprender que el cuarto paso tiene que ver con la idea de cerrar el ciclo con la realimentación para acercar los resultados obtenidos a los objetivos. Además, no debe confundirse este paso "A" con el conjunto de acciones (implementación) consecuencia del despliegue de los planes (que se desarrolla en el segundo paso, "D", de "hacer" o "llevar a cabo las Acciones").

El ciclo PHVA significa actuar sobre el proceso, resolviendo continuamente las desviaciones a los resultados esperados. El mantenimiento y la mejora continua de la capacidad del proceso pueden lograrse aplicando el concepto de PHVA en cualquier nivel de la Organización, y en cualquier tipo de proceso, ya que está íntimamente asociado con la planificación, implementación, control y mejora del desempeño de los procesos.

Es aplicable tanto en los procesos estratégicos de Alta Dirección como en actividades operacionales simples. Por ejemplo, si una empresa telefónica planea mejorar el servicio a sus suscriptores y para ello, decide modernizar sus centrales telefónicas (Planificar). Esto lo puede lograr adquiriendo 40 nuevas centrales digitales e instalándolas progresivamente en toda la ciudad (hacer). Al departamento técnico le ha sido asignado el trabajo de medir los resultados, en términos del incremento de llamadas efectuadas en las zonas donde las centrales han sido instaladas y el número promedio de líneas disponibles, a fin de compararlas con los valores que se obtienen en las centrales analógicas antiguas (verificar).

Con estos resultados, la Gerencia de Planificación de la empresa efectúa los ajustes y aplica los resultados en la instalación de futuras centrales (actuar). La consecuencia de esta metodología de trabajo ha sido que los problemas que se han presentado durante el proceso de instalación han sido resueltos oportunamente por el equipo, sin causar demoras apreciables en los proyectos originales.

La adopción del ciclo PHVA promueve que la práctica de la gestión vaya en pro de las oportunidades para que la Organización mejore el desempeño de sus procesos y para que

mantenga los clientes actuales y consiga nuevos clientes. Una vez identificada un área de oportunidad, se puede planificar el cambio y llevarse a cabo.

Luego se verifican los resultados de la implementación de tal cambio y, según estos resultados, se actúa para ajustar el cambio o para comenzar el ciclo nuevamente mediante la planificación de nuevos cambios.¹⁸

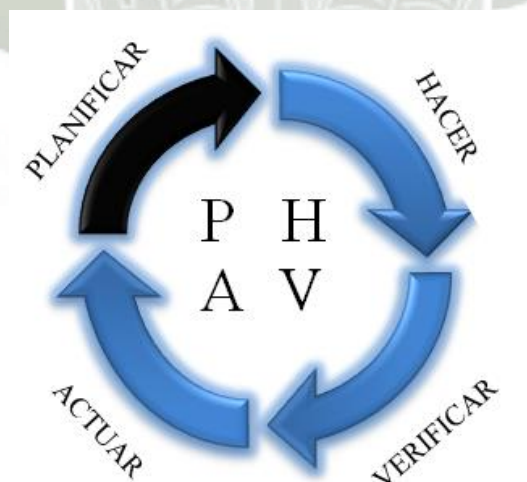
En el presente estudio:

La estrategia bajo la cual se planifica, aplica, verifica y controla la herramienta virtual es el de la MEJORA CONTINUA - Ciclo PHVA, ya que al representar un instrumento pionero en su utilidad, estará continuamente sujeto a cambios y mejoras observadas en su uso, optimizando los resultados de reducción de tiempo e incremento de calidad en la información registrada.

A partir del siguiente capítulo, un símbolo en la esquina superior derecha nos indicará en que paso de ciclo PHVA nos encontramos.

Figura 6: Ciclo de Deming, símbolo de etapas a utilizar

Fuente: Elaboración Propia



¹⁸ Fuente: Ingeniería Industrial Miroslava 2014. William Deming- Recuperado el 21 agosto del 2015 de <https://sites.google.com/site/ingenieriaindustrialmiroslava/william-e-deming>

CAPITULO III

DIAGNÓSTICO



Se encontró en el área de mantenimiento y servicios de la planta Backus en la ciudad de Arequipa, el lugar idóneo para realizar el diseño, desarrollo, implementación y comprobación de resultados de la herramienta virtual, debido a sus características de:

- Tipo de industria: manufacturera
- Tamaño de planta: 304 trabajadores, capacidad de producción de 156'000 m³ de cerveza al año
- ERP utilizado: SAP PR3 desde mayo del 2007 con el módulo PM

3.1 RESEÑA DE LA EMPRESA

La Cervecería Backus y Johnston (con nombre comercial Cervecerías Peruanas Backus S.A. y con nombre de empresa Unión de Cervecerías Peruanas Backus y Johnston S.A.A.) es una empresa cervecera peruana perteneciente desde el 2005 al grupo SAB Miller, la segunda corporación cervecera más grande a nivel mundial.

3.1.1 ANTECEDENTES

La formación de la empresa se remonta hasta el año 1876, fecha en la cual los empresarios estadounidenses Jacobo Backus y Howard Johnston fundaron la Fábrica Sudamericana de Hielo en el Rímac. La empresa de los socios norteamericanos se convirtió en la actual cervecería en 1879 con la creación de Backus & Johnston Brewery Ltd. En el Perú de la posguerra, los señores Backus y Johnston fueron personajes destacados para la Reconstrucción Nacional.

En 1922 se crea la Cerveza Cristal, la cual se convirtió con el tiempo en su producto estrella y la cerveza con mayor número de ventas del país. La empresa fue adquirida en 1954 por un grupo de inversionistas peruanos liderados por Ricardo Bentín Mujica, quienes trasladaron la oficina principal de Londres a Lima. En este momento, la compañía fue rebautizada como "Cervecería Backus y Johnston S.A."

En 1994, Backus y Johnston adquirió una participación mayoritaria en el mercado cervecero peruano, cuando adquirió el 62% de las acciones de su rival la Compañía Nacional de Cerveza SA. (propietaria de la marca Pilsen Callao). En 1996 cuatro fábricas de cerveza, incluyendo Backus y Johnston se fusionaron en una nueva empresa con el nombre de "Unión de cervecerías peruanas Backus y Johnston SAA". En 2000, la compañía se expandió aún más cuando adquirieron la "Compañía Cervecera del Sur de Perú S.A." (Cervesur), propietaria de las marcas Cusqueña y Arequipeña. Desde 2005, Backus y Johnston es parte del grupo multinacional de cervecerías SAB Miller.¹⁹

3.1.2 MARCAS

Actualmente la empresa cuenta con doce variedades de cerveza:

- **Cerveza Cristal**, Ha sido históricamente la marca emblema de la Corporación Backus y es actualmente la marca con mayor venta en el Perú.
- **Cerveza Cusqueña**, Es la variedad de cerveza premium de Backus. Su diseño rinde homenaje a la cultura Inca.
- **Cerveza Pilsen Callao**, Es la cerveza con más antigüedad en el Perú y es la cerveza con mayor crecimiento de mercado en los últimos años.
- **Cerveza Barena**, Se comercializa desde 2007, enfocada al público joven.
- **Cerveza Backus Ice**, Es un de las más recientes marcas del portafolio de Backus, su característica principal es ser una cerveza extra fría elaborada a temperaturas bajo cero.
- **Cerveza Pilsen Trujillo**, Cerveza originaria de la ciudad de Trujillo y con el menor precio del portafolio.
- **Cerveza Arequipeña**, Es la cerveza emblemática de la ciudad de Arequipa.
- **Cerveza San Juan**, Es la marca emblemática de la selva peruana. Su consumo es solamente regional.

¹⁹ Fuente: Wikipedia 2015. Unión de Cervecerías Peruanas Backus y Johnston Recuperado el 20 agosto del 2015 de https://es.wikipedia.org/wiki/Unión_de_Cervecerías_Peruanas_Backus_y_Johnston

- ***Cerveza Miller Genuine Draft***, Marca de origen estadounidense, distribuida exclusivamente por Backus en el Perú.
- ***Cerveza Peroni Nastro Azzurro***, Marca de origen italiano, distribuida exclusivamente por Backus en el Perú.
- ***Cerveza Groschl***, Marca de origen holandés que apunta al segmento súper premium del país, es el último ingreso de cervezas del grupo Miller al mercado peruano.
- ***Cerveza Abraxas***, Es una cerveza tipo Ale elaborada en el Valle Sagrado de los Incas, Cusco, su proceso de fermentación utiliza tres tipos de lúpulos y cebadas malteadas (clara, caramelo y tostada), estos ingredientes le proporcionan un grado de 7% Alc/Vol.

Otras Bebidas:

- *Agua de manantial San Mateo*
- *Gaseosa Guaraná Backus*
- *Gaseosa Viva Backus*
- *Maltin Power*

3.1.3 PLANTAS

La Corporación Backus & Johnston cuenta actualmente con siete plantas de producción:

- Planta Cervecera de Ate:

Fue inaugurada en 1993 y representó un hito importante en la historia de la empresa ya que sus instalaciones son unas de las más modernas de América, y su capacidad instalada hizo posible su expansión en el mercado cervecero. Su volumen de fabricación es de 6.1 millones de hectolitros anuales, lo que la convierte en la planta de Backus con mayor capacidad de producción.

- Planta Cervecera de Motupe:

Se ubica estratégicamente en el norte del Perú y tiene una capacidad de producción de 3.4 millones de hectolitros anuales. Se producen exclusivamente las marcas de Cristal y Pilsen Callao.

- Planta Cervecera de Arequipa:

Tiene una capacidad de producción anual de 1.56 millones de hectolitros. Se producen aquí las marcas Arequipeña, Cristal, Cusqueña, Pilsen Callao y Malta Cusqueña.

- Planta Cervecera de Pucallpa:

Es la única planta cervecera en la selva peruana, cuenta con una capacidad de producción anual de 1.05 millones de hectolitros. Las marcas producidas aquí son San Juan, Cristal y Pilsen Callao.

- Planta Cervecera de Cusco:

Su capacidad de producción es de 0.74 millones de hectolitros anuales. Aquí se producen las marcas Cristal, Cusqueña y Pilsen Callao.

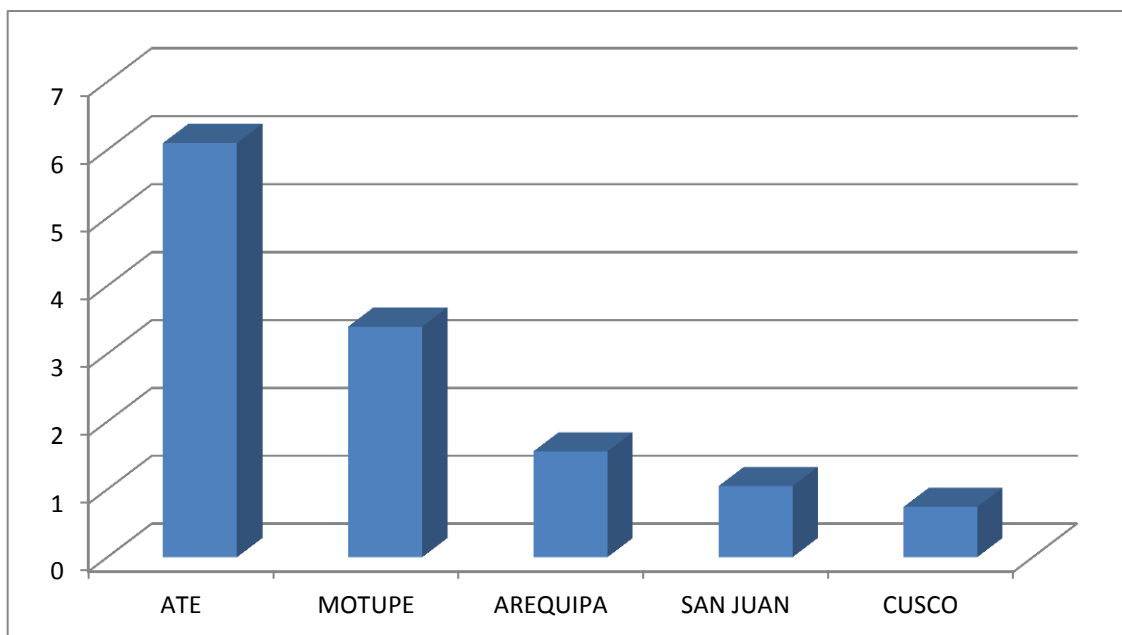
- Planta San Mateo:

Se encuentra en el distrito limeño de Huarochiri y es la planta donde se producen todas las bebidas no alcohólicas de la empresa. Su capacidad de producción es de 1.5 millones de hectolitros anuales.

- Planta Maltería:

Está ubicada en el distrito limeño de Chosica y es donde se produce y procesa la malta y el maíz necesarios para la producción de las diversas marcas de en la cartera de Backus. La planta cuenta con una capacidad de producción de 89,000 toneladas anuales de malta y de 64,500 toneladas anuales de procesamiento de maíz.

Figura 7: Capacidad de producción de las plantas cerveceras en millones de Hl de cerveza
Fuente: Elaboración Propia



3.2 PROCESO DE PRODUCCION:

La planta Arequipa de Backus tiene como áreas principales: Elaboración, Envasado y Planta de Fuerza (Servicios).

La elaboración de cerveza es la producción de una bebida alcohólica mediante fermentación, siendo este proceso controlado automáticamente.

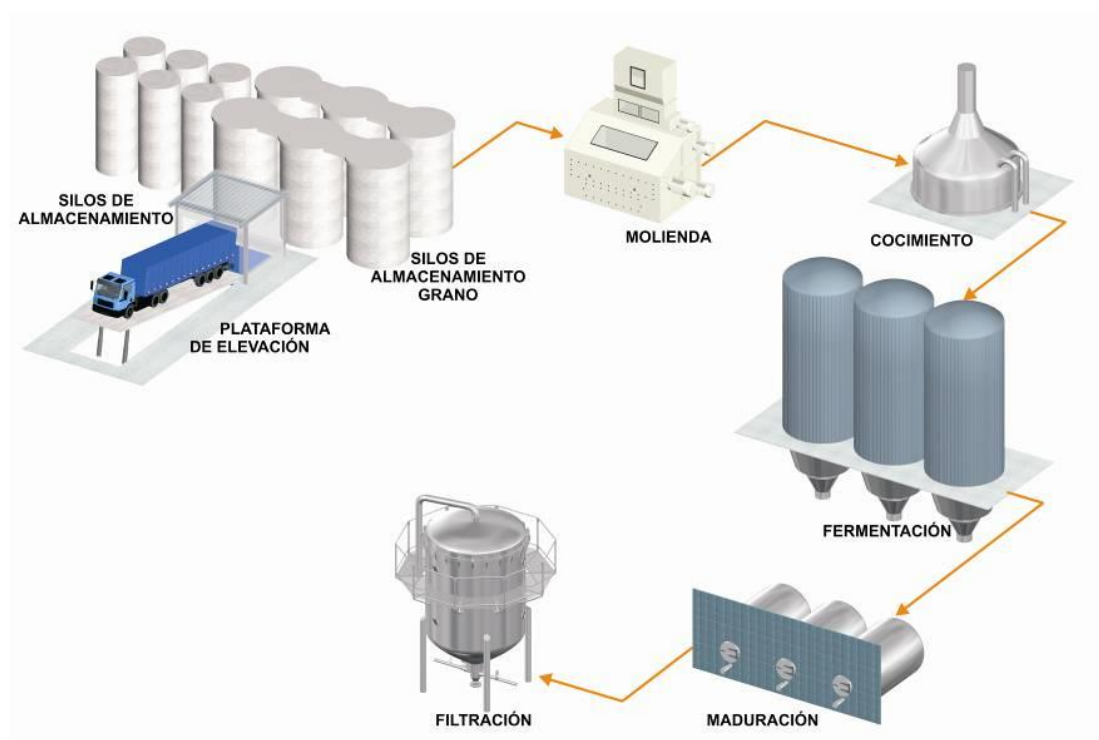
Este proceso empieza con el tratamiento de agua y la recepción de la materia prima, (malta y adjunto) para luego separar las impurezas, depositándolas en sacos para su posterior comercialización, la materia prima libre de impurezas se almacena en silos. El grano clasificado es molido obteniendo harina de adjunto y malta, posteriormente esta harina pasará a un proceso de maceración, filtración, cocción, clarificación y enfriamiento del mosto.

El mosto frío es depositado en los tanques cilindros cónicos, donde se dosifica levadura dando lugar a la fermentación y obteniéndose como producto la cerveza verde. Una vez que la cerveza ha sido enfriada es depositada en los tanques de maduración. Finalmente, la

cerveza luego de un periodo de reposo en los tanques de maduración es filtrada y pasteurizada para ser enviada a la planta de envasado

Figura 9: Diagrama de Flujo de la elaboración de Cerveza

Fuente: Elaboración Propia



3.3 MANTENIMIENTO PROACTIVO DE ACTIVOS

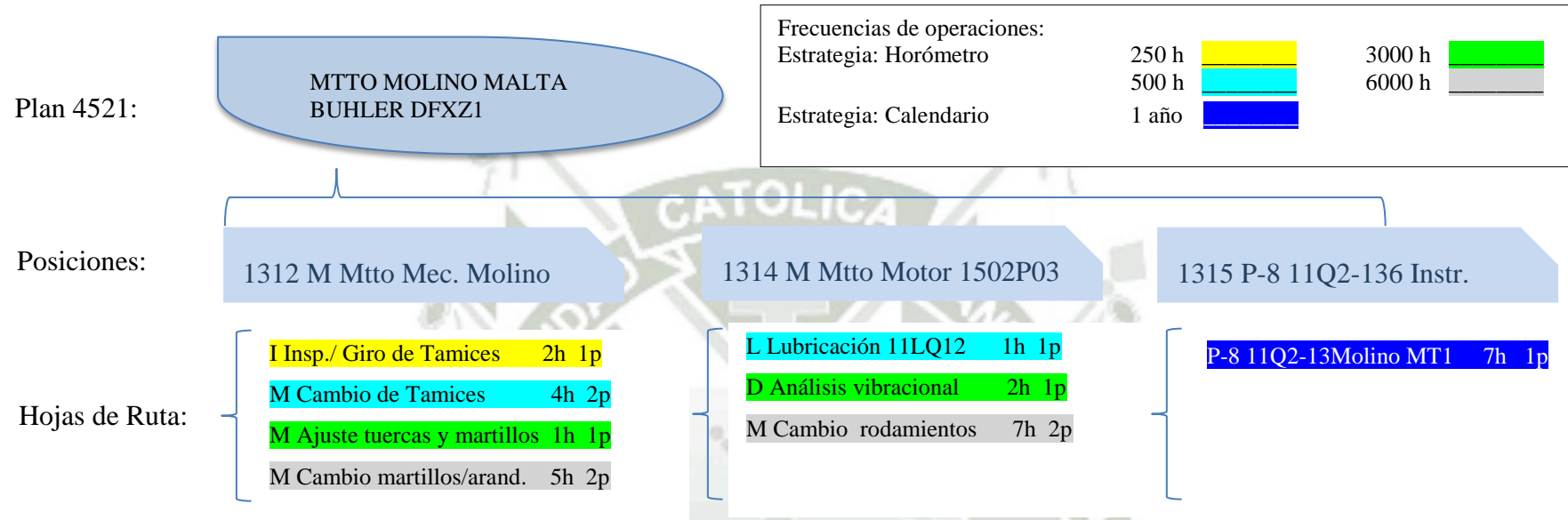
Las tareas de mantenimiento de activos de la empresa basan su programación en planes de mantenimiento con posiciones de tipo preventivas y predictivas registradas en el SAP.

Estos planes contienen información de las distintas operaciones, repuestos, recursos de mano de obra, frecuencias, ubicaciones y disponibilidad de equipo que involucrará cada orden de mantenimiento y son ingresados al sistema junto con la instalación de algún equipo nuevo basado en catálogos, recomendaciones del fabricante, y experiencia del personal.

A continuación vemos un ejemplo de plan de mantenimiento y programaciones (“disparos”) de sus Órdenes de Mantenimiento (OM).



Cuadro 2: Modelo de plan de mantenimiento SABMiller
Fuente: Elaboración Propia



Ejemplo de disparo a las 500h de trabajo

OM	Texto OM	Operación	Texto Oper.	Dur.	RRHH
100458779	M Mtto Mec. Molino	20	M Cambio de Tamices	4h	2p
100458801	M Mtto Motor 1502P03	10	L Lubricación 11LQ12	1h	1p

Ejemplo de disparo a las 3000h de trabajo

OM	Texto OM	Operación	Texto Oper.	Dur.	RRHH
100458779	M Mtto Mec. Molino	20	M Cambio de Tamices	4h	2p
		40	M Cambio martillos/arand.	5h	2p
100458801	M Mtto Motor 1502P03	10	L Lubricación 11LQ12	1h	1p
		30	M Cambio rodamientos	7h	2p

3.3.1 PROGRAMACIÓN Y CICLO DE ÓRDENES DE MANTENIMIENTO (OM):

Agentes participantes:

- *Programador de mantenimiento:*

Cuyo perfil es ser un ingeniero de especialidad a fin a la industria manufacturera. Dentro de sus responsabilidades se encuentra la programación de OM basados en los planes de mantenimiento proactivos; los recursos de tiempo, disponibilidad, mano de obra y materiales; así como el seguimiento a la ejecución y cierre de las OM.

- *Supervisor / Ingeniero de mantenimiento:*

Cuyo perfil es ser un ingeniero de especialidad a fin a la industria manufacturera, es el responsable de la ejecución de OM a través de los técnicos de mantenimiento y en coordinación con el programador de mantenimiento y los supervisores de producción del área involucrada.

- *Técnico de mantenimiento:*

Cuyo perfil es ser un técnico en mecánica y/o electricista industrial. En planta se encuentran tres especialidades: mecánico, electricista e instrumentista. Cada técnico de mantenimiento tiene asignado un supervisor a quien reporta sus labores diarias. Mensualmente el programador de mantenimiento le asigna un programa con OM preventivas y es su objetivo ejecutar el programa en un porcentaje de cumplimiento mayor al 80%.

3.3.2 CICLO DE LAS ÓRDENES DE MANTENIMIENTO:

1. El inicio del ciclo de las OM se da con el “disparo” de planes ejecutado por el programador de mantenimiento a comienzos de cada mes, de acuerdo a sus frecuencias preestablecidas, valores en los horómetros de los equipos y datos de órdenes notificadas y cerradas del periodo anterior.

2. Una vez asignadas los supervisores responsables de cada OM y confirmados los recursos: humanos, repuestos y disponibilidad de equipos; se definen y comparten con cada mecánico y electricista del área; los programas mensuales y semanales de mantenimiento en hojas de cálculo impresas del Microsoft Excel
3. Durante el mes y en coordinación con el área productiva se ejecutan las OM.
4. Al cierre de mes cada mecánico y electricista reporta la ejecución de cada OM de su programa mensual, en su archivo físico, indicando la fecha de ejecución y el número de horas reales que le tomó la tarea. Este reporte es validado y notificado por el supervisor de la especialidad (mecánico, eléctrico o instrumentista) en el SAP, tarea que debe ser hecha individualmente por cada operación de la OM.
5. El cierre técnico, previa notificación, de cada OM; junto con las lecturas de horómetros semanales ingresadas al sistema, representan el nuevo input que alimenta a los planes para el nuevo “disparo” y reinicio del ciclo de las OM.

Figura 9: Ciclo de una Orden de Mantenimiento Proactiva (OM)

Fuente: Elaboración Propia

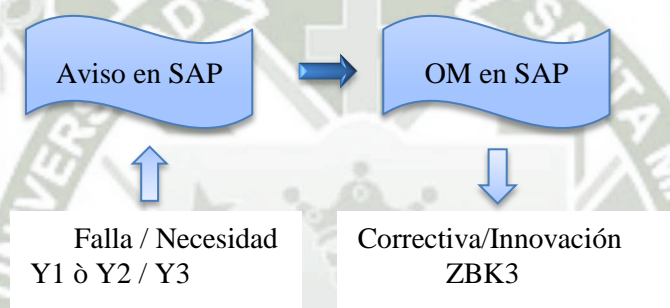


El ciclo de las OM que acabamos de describir, como se señala, son para las OM de tipo proactivas, es decir OM que resultan producto de la programación de los planes de mantenimiento.

El otro tipo de OM, las correctivas tienen otro tipo de ciclo, el cual difiere en los pasos para su creación, ya que estas demandan de un Aviso registrado en SAP en donde se comunique la existencia de una falla en planta o la necesidad de alguna OM de tipo “Innovación”, observamos lo mencionado en el siguiente esquema:

Figura 10: Avisos y OM en SAP

Fuente: Elaboración Propia



Clases de órdenes de mantenimiento en SAB Miller

Tipos de Mantenimiento			Prefijos	AVISO	Clase de Orden
Mantenimiento Preventivo	Conservación	Limpieza	C	Sólo con Plan ZBK2	
		Lubricación	L	Sólo con Plan ZBK2	
		Protección	P	Sólo con Plan ZBK2	
	Inspección		I	Sólo con Plan ZBK2	
	Intervención		M	Sólo con Plan ZBK2	
Mantenimiento Predictivo			D	Plan ZBK2 ó Y3 ZBK3	
Mantenimiento Correctivo			A	Y2	ZBK3
Mantenimiento Reactivo			R	Y1	ZBK1
Mantenimiento Proactivo			T	Y3	ZBK3

Cuadro 3: Clases de órdenes de mantenimiento en SAB Miller

Fuente: Elaboración Propia

3.3.3 PARTE DIARIO:

Es importante mencionar la existencia de un archivo digital denominado “Parte Diario” para cada área: Ingeniería y Elaboración y cada especialidad: Mecánico y eléctrico, este es el medio a través del cual los técnicos de mantenimiento reportan diariamente las tareas efectuadas en el día, sean del tipo reactivo o proactivo, con nivel de detalle de:

- Tipo de mantenimiento de tarea realizada
- Descripción y origen de la tarea realizada
- Fecha y hora de inicio de la tarea
- Equipo intervenido directa o indirectamente
- Estado de la tarea al final de la actividad

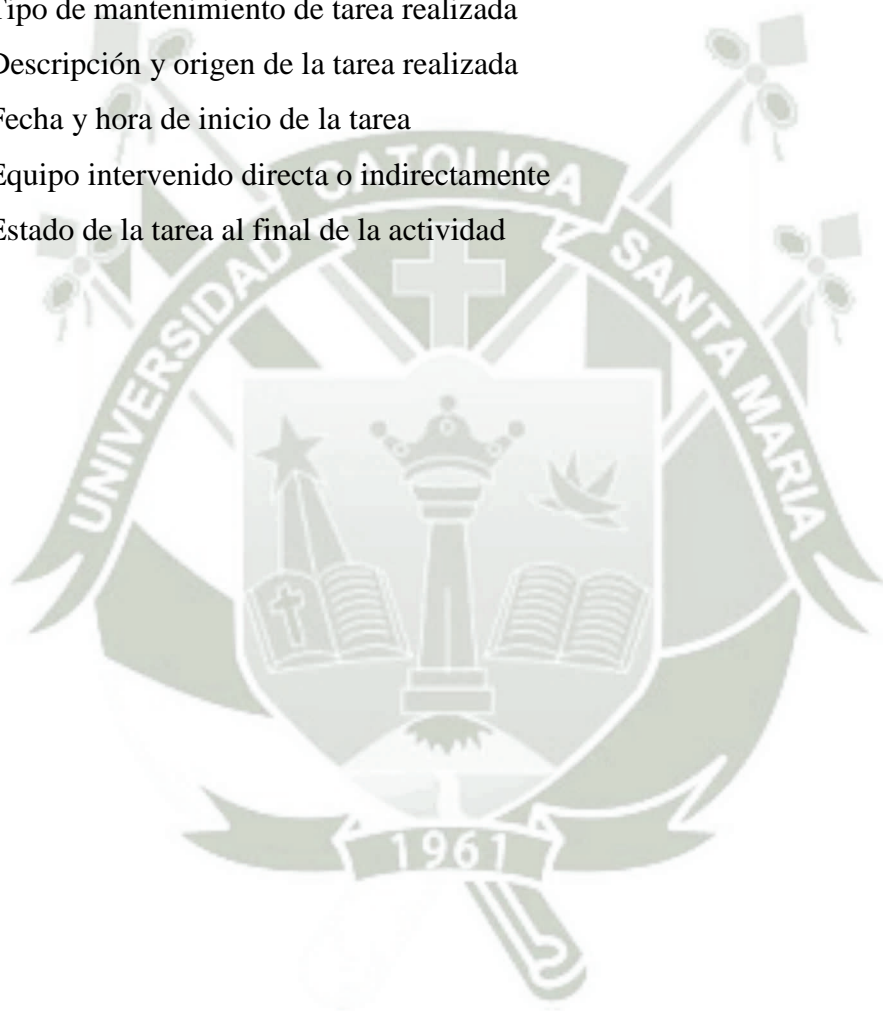


Figura 11: Imagen de Archivo Parte Diario actual

Fuente. Elaboración Propia

2	Fecha	Turno	Electricista(s) Hora	Planta	Tipo de Maquina/Equipo	Tipo de Mantenimiento	Tipo Fall	Descripción de la actividad/tarea	Estado Inicial	Supervisor de Turno	Observaciones Supervisor
89	6/2/2015	Segundo	Luis Pérez 20:00	COCIMIENTO	Enfriador Agua Chiller Gea	Correctivo	Inusual	Llama operador de planta indicando que la temperatura del agua de enfriamiento está elevándose a 10°C, se revisa en planta de fuerza y se encuentra ventiladores apagados y presión de NH3 en 5.5 bar, se procede a prender el segundo compresor hasta normalizar presión a 3.2 bar, se normaliza enfriamiento.	Solucionado en el Mismo Turno	Fernando Pujada	ok
90	6/2/2015	Segundo	Omar Lazo 13:30	PLANTA DE FRÍO		Preventivo	Inusual	Se concluye en pasar cable Profinet desde filtro hacia sala de control planta de frío.	Solucionado en el Mismo Turno	Fernando Pujada	ok
91	6/2/2015	Segundo	Omar Lazo 17:30	COCIMIENTO	Sala de Tableros	Innovaciones		Se colocan terminales RJ45 ethernet en cables profibus que van de sala de tableros hacia sala de control de cocimiento	Solucionado en el Mismo Turno	Javier Cabrera	ok
92	7/2/2015	Tercero	Marco Ballón 00:00			Otros		Se toma lecturas de los medidores de energía.	Solucionado en el Mismo Turno	Fernando Pujada	ok
93	7/2/2015	Tercero	Marco Ballón 01:30			Correctivo		A solicitud de J. Cabrera se cambian baterías al PLC de silos-molinos. Queda en servicio.	Solucionado en el Mismo Turno	Javier Cabrera	ok
94	7/2/2015	Tercero	Marco Ballón 03:00	TANQUES DE MADURACIÓN	Tanque de Maduración #43	Correctivo		Aviso el operador E. Paucar que la temperatura de los tanques 34 y 44 estaban calientes, se mide con el patrón y la temperatura de estos tanques es de 1,4°C, se va a la planta de frío y se encontró que estaba en deshielo todo el tercer piso, se cambia a refrigeración, se mide la temperatura a las 04:00 hrs y se mide una temperatura de -0,8°C, seguir controlando.	Solucionado en el Mismo Turno	Javier Cabrera	ok
95	7/2/2015	Primero	Mario Valdeiglesias *	PLANTA DE FRÍO	Tablero de Control	Preventivo		A pedido del operador J. Aguedo se desconecta la llave termomagnética de la bomba de agua y los ventiladores del condensador en el sistema Gea. Por trabajos de limpieza.	Solucionado en el Mismo Turno	Fernando Pujada	



Este Parte Diario es sólo una de las muchas formas que encuentran los departamentos de mantenimiento de las empresas, para que los técnicos de mantenimiento reporten sus actividades diarias. Muchas veces llamados “cuadernos de trabajo” estos reportes son muy útiles, principalmente para generar un historial de sucesos y atenciones a los equipos, y para controlar el tiempo invertido por el personal en los diferentes tipos de mantenimiento.

Para el caso de la empresa descrita, la existencia y costumbre de uso por todo el personal técnico de mantenimiento del archivo digital como libro del Microsoft Excel, representa el punto de inicio del conjunto de mejoras y cambios que realizaremos en el ciclo de las OM.

3.3.4 ANÁLISIS DE PROBLEMAS ENCONTRADOS:

Recordando y ampliando el alcance de los 4 problemas identificados en el punto 1.1.2 “Descripción del problema” del primer capítulo.

a). Distorsión en valores de KPI de Mezcla de Mantenimiento

No todas las tareas de mantenimiento realizadas, en su mayoría las correctivas, son reportadas en el SAP. Esto distorsiona indicadores de mantenimiento como la mezcla del mantenimiento y el cumplimiento del programa preventivo.

Actualmente y según la siguiente tabla y gráfico, el porcentaje promedio en los últimos meses de OM de tipo proactivo, donde en su gran mayoría son producto del disparo de los planes de mantenimiento, representa el 87% del total de OM registradas en el SAP.

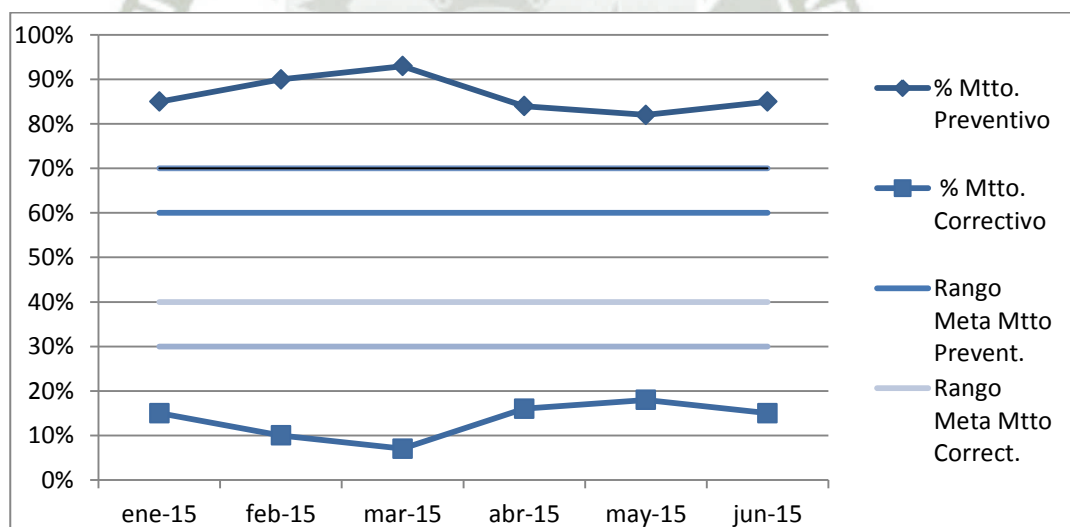
Cuadro 4: Valores de Mezcla de Mantenimiento según SAP, anteriores

Fuente: Elaboración Propia

Planta Arequipa	S7. Mezcla de mantenimiento	
	% Mtto. Preventivo	% Mtto. Correctivo
META	$60 < x < 70$	$30 < x < 40$
ene-15	85	15
feb-15	90	10
mar-15	93	7
abr-15	84	16
may-15	82	18
jun-15	85	15
promedio	86.5 %	13.5%

Figura 12: Gráfica de Mezcla de Mantenimiento según SAP, anterior

Fuente: Elaboración Propia



Estos resultados, aparte de estar lejos de entrar en los rangos meta, tampoco son reflejo de la realidad en cuanto a horas de ejecución dedicadas a ambos tipos de mantenimiento. Esto debido a que los trabajos correctivos ejecutados no son

reportados como en su totalidad como OM en el SAP y por lo tanto no llegar a incluirse en este KPI.

Es necesario encontrar la forma de conocer los verdaderos valores de Mezcla de mantenimiento. Para esto utilizaremos nuestro archivo “Parte Diario” en donde tenemos la información de cada del tipo de mantenimiento empleado en cada tarea reportada por personal técnico y posteriormente validada por el supervisor a cargo.

Capturando esta información de los mismos 6 primeros meses del año tenemos los siguientes valores:

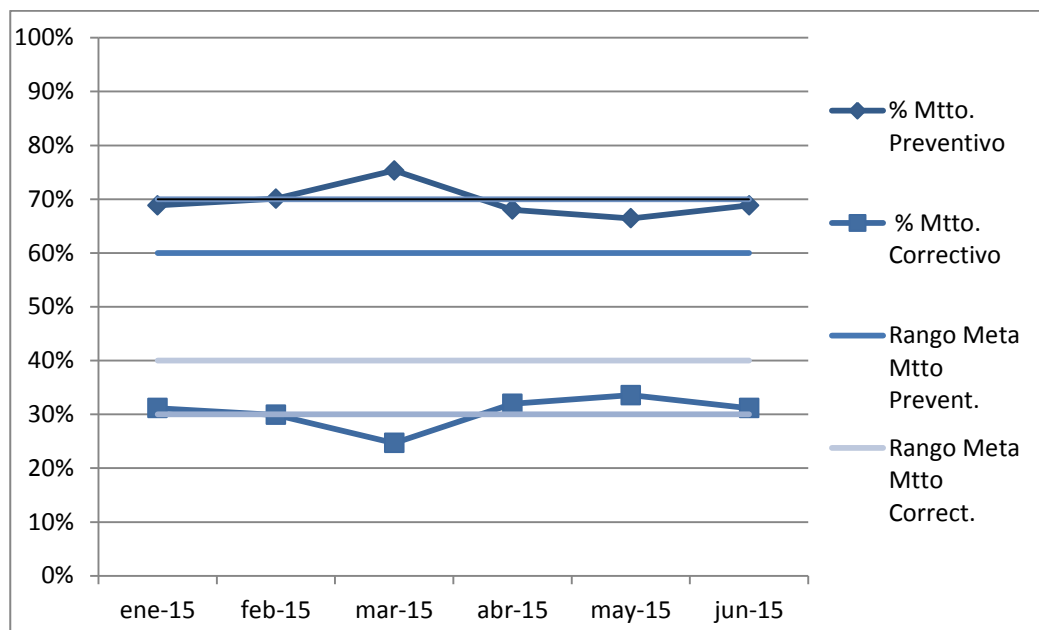
Cuadro 5: Valores de Mezcla de Mantenimiento según Parte Diario

Fuente: Elaboración Propia

Planta Arequipa	S7. Mezcla de mantenimiento	
	% Mtto. Preventivo	% Mtto. Correctivo
META	$60 < x < 70$	$30 < x < 40$
ene-15	69%	31%
feb-15	70%	30%
mar-15	75%	25%
abr-15	68%	32%
may-15	65%	35%
jun-15	69%	31%
Promedio	69%	31%

Figura 13: Gráfica de Mezcla de Mantenimiento según Parte Diario

Fuente: Elaboración Propia



Con la conclusión de ubicar el problema en el reporte de OM en el SAP y no la proporción de ejecución real de Mezcla de mantenimiento, se realizó el siguiente Análisis Causa Raíz para analizar este punto con mayor detalle.

Cuadro 6: Análisis Causa Raíz del Problema
Fuente: Elaboración Propia

Análisis Causa Raíz

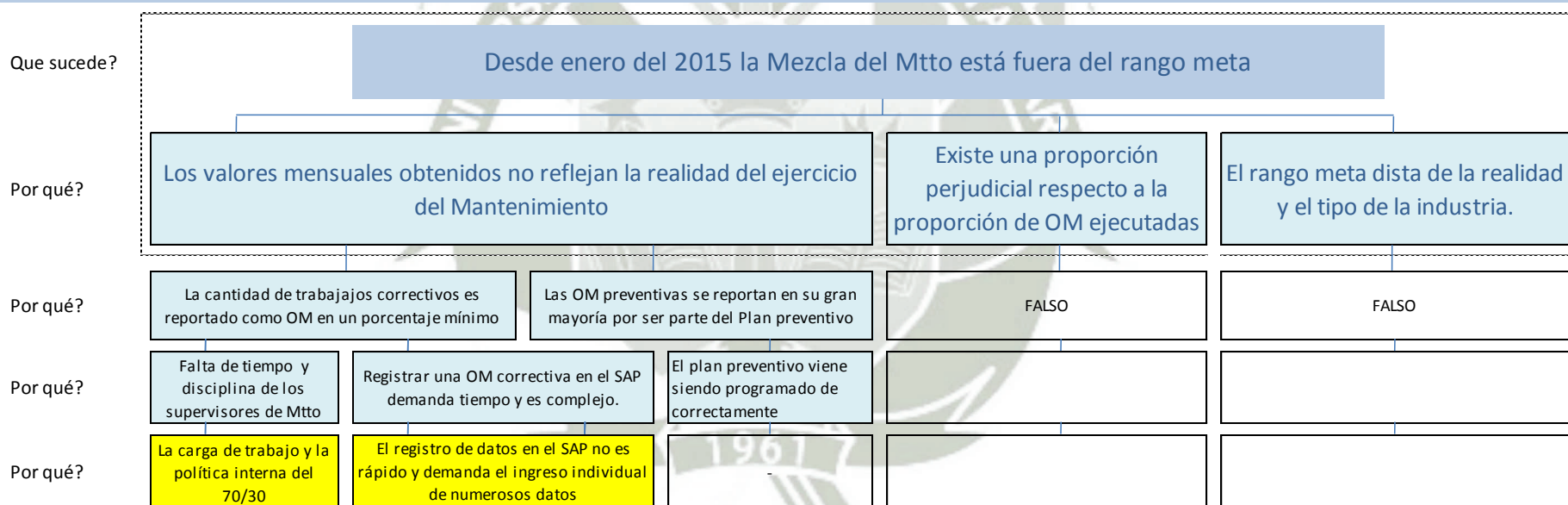
Sistema	PROGRAMACION DE MANTENIMIENTO	Realizado por:	J. CHAVEZ	Revisado por:	
Equipo	-	Fecha:		Fecha:	

1. Preservar data del problema

Qué sucedió? KPI de mezcla de mantenimiento de planta Arequipa lleva meses fuera del rango meta planteado por la Dirección de gestión de activos

Consecuencias: Se cuestiona la gestión del porcentaje deseado de OM preventivas / correctivas y por la tanto la gestión del uso del presupuesto del mantenimiento en planta

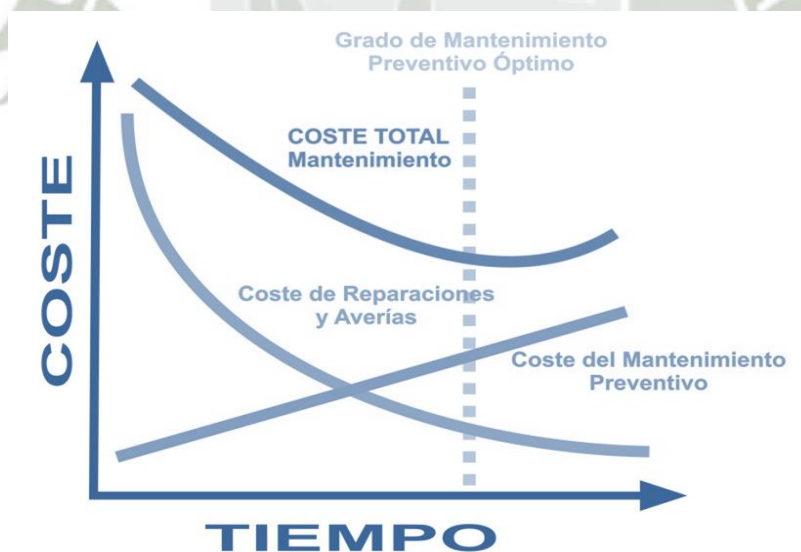
2. Análisis de las causas por niveles



Observando el rango de metas dispuesto en esta empresa, es lógico que surja la gran pregunta, ¿cuál es la relación ideal (%) de tiempo empleado en tareas de mantenimiento proactivo/preventivo respecto a las de tipo reactivo/correctivo? Algunos autores y expertos hablan de 67% MP y 33% MC; otros de 70%-30%; en fin cada quien pone el resultado de sus experiencias e investigaciones. Sin embargo, quizás la función de las empresas donde resulte más complicado efectuar un Benchmarking con alta precisión sea mantenimiento. Las razones son múltiples, comenzando por la diversidad de equipos, su edad y los propios operadores y mantenedores; para no hablar del completo Contexto Operacional.

De manera, que ese porcentaje de MP vs. MC, debe resultar de una íntima relación de Costos, con variables como Disponibilidad, Confiabilidad, Mantenibilidad, Volumen de Producción, Calidad, etc. La ecuación desarrollada debe llevar a obtener el punto de equilibrio óptimo.

Figura 14: Grado de Mantenimiento Preventivo Óptimo²⁰



²⁰ Fuente: Mestre J.2008. Foro: Gestión del Mantenimiento. Recuperado el 11 de setiembre de 2015 www.xing.com/communities/posts/porcentaje-preventivo-vs-correctivo-1004888128

b). Calidad de información registrada en la notificación de OM

El historial de intervenciones a los equipos de una empresa generado en el SAP, termina siendo llenado de forma escueta y no se convierte en una fuente de retroalimentación que requiere la planificación del mantenimiento.

La información que permite registrar el SAP en la notificación de una operación de alguna OM es la siguiente:

- 1: Número de personas y horas que tomó el trabajo
- 2: Supervisor responsable
- 3: Fecha de inicio y fin
- 4: Hora de inicio y fin
- 5: Información adicional

Figura 15: Notificación de Operación SAP

Fuente: SAP PR3 UCP Backus y Johnston

Mensaje Lista de objetos Documentos medición Gestión

Auftrag 100408341 Inspección mecánica Recepción y Molienda
/organg 0020 Mtto. Mec. 11Q01-2
Stat.sist. NOTI CONT CTEC

Datos de notificación

Notific. 16207786 / 1
PstoTbjo MTTEMEC2 BK04 TECNICO Mtt. mec. elab. y Pta. Fuerza

1 No Pers 1 Dur/Pers(H) 0.50 2 Autor Notif JCUSIRRC

Trabajo real 0.50 H Fecha contab. 2014.10.01

☒ Notif.final ☒ Sin tbjo.rest.
☒ Comp.reservas Tbjo.restante 0.00 H

3 Inicio trabajo 2014.09.11 01:00:00 4 Dur.real notif. 0.0 H

Fin trabajo 2014.09.11 01:30:00 Fin pronóstico 24:00:00

Mot.desviac. 1001 Sin desviación

5 Txt.notif. REALIZADO sin novedad ☐ Existe txt.expl.

Datos de notificación totales

Trbj.real acum.	0.500 H	Durac.real	0.4 H
Pronóst.trabajo	0.5 H	Dur.planif.	0.0 H
Inicio real	2014.09.11 01:00:00	Fin real	2014.09.11

En el folder con los programas mensual, los técnicos reportan actualmente y sin problemas los puntos 1, 2 y 3. El punto 4, horas de inicio y fin, no es ingresado con valores reales al momento de la notificación.

En el punto 5, el más crítico, se completa el texto de “Realizado”, estando el campo habilitado para recibir la cantidad de caracteres ilimitada y donde perdemos la opción de grabar información de la tarea reportada.

c). Tiempo que demanda la notificación de OM

Al ser responsabilidad del supervisor de mantenimiento notificar y cerrar las órdenes de trabajo asignadas a su cargo, el tiempo que le demanda este proceso resta tiempo a sus labores de campo, lo cual afecta la proporción ideal del 70% de sus horas hombre sean dedicadas a trabajos en campo.

La notificación individual en el SAP de cada operación de una OM, demora en promedio 1 minuto y considerando un promedio de 300 operaciones, de tipo proactivo y reactivo, notificadas por cada supervisor de mantenimiento (existen 10 supervisores en planta) el tiempo que les toma al mes este proceso es de 5 horas; usando 2 o más turnos en completar la tarea mensualmente.

d). Tiempo de entrega de programas de mantenimiento mensuales

El tiempo total que demanda la notificación, cierre, disparo y programación de las OM mensuales través del sistema SAP requieren operaciones individuales, hace que la entrega de programas al inicio de mes no sea la deseada, llegando a ser esta hasta el cuarto día hábil del mes.

3.4 MATRIZ FODA

Para determinar la estrategia a utilizar para corregir los problemas encontrados evaluaremos la situación a través de una matriz FODA

Cuadro 7: Matriz FODA

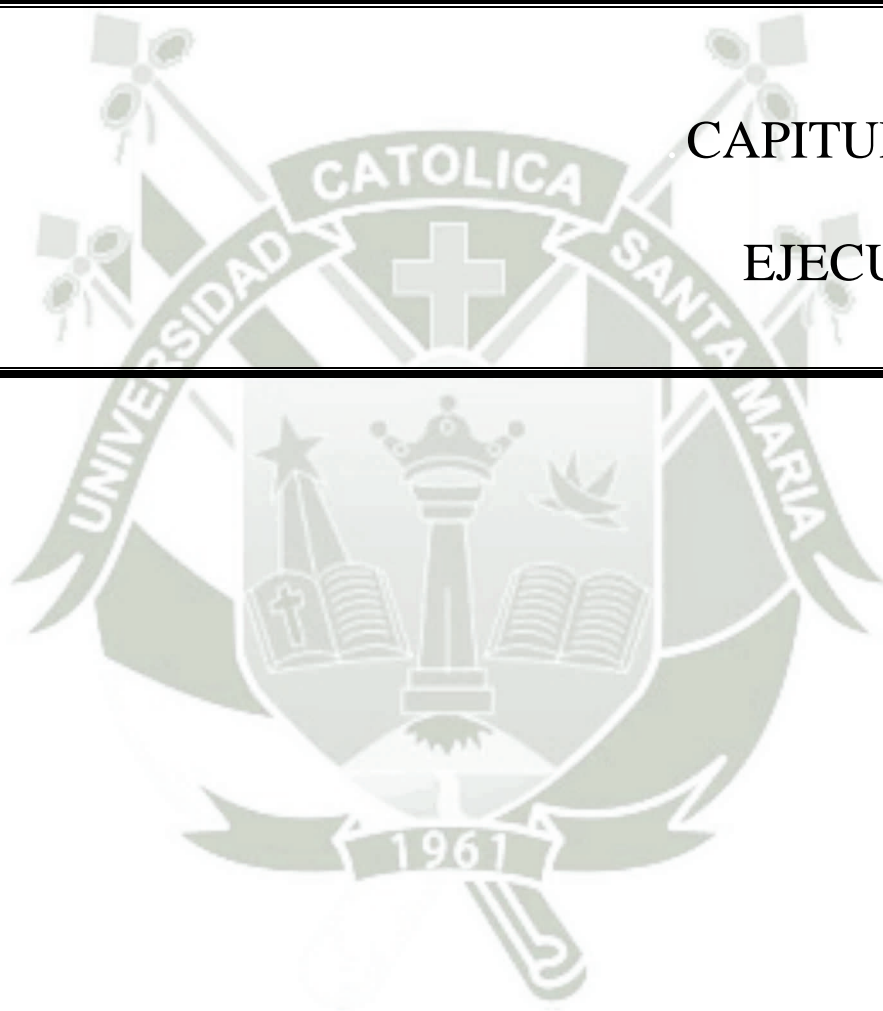
Fuente: Elaboración Propia

	DEBILIDADES - Tiempo demandado por el SAP para el registro de tareas de y programación de mantenimiento	FORTALEZAS -Conocimiento de programación de scripts -Disciplina de técnicos de mantenimiento en el reporte de actividades
OPORTUNIDADES - Accesibilidad a Tecnologías de información (TI)	Reducir el tiempo que demanda la interacción con el SAP utilizando las TI disponibles	Desarrollo y personalización de herramienta virtual para operaciones del programación de mantenimiento en SAP
AMENAZAS - Cambios constantes de políticas de gestión de activos. - Sistemas ERP y software en constante cambio	-	Desarrollo de herramienta diseñada para adecuarse fácilmente a constantes cambios de procesos, políticas de gestión y adición de activos

Respaldándonos en las oportunidades y fortalezas identificadas se opta por diseñar e implementar un modelo de herramienta virtual desarrollada en el Visual Basic del Microsoft Office que permita comunicar de forma bilateral datos del libros del Microsoft Excel con el sistema SAP, para automatizar procesos de programación y reporte de mantenimiento; solucionando y considerando las debilidades y amenazas latentes.

CAPITULO IV

EJECUCIÓN



4.1 RESULTADOS ESPERADOS

Recordando los objetivos específicos señalados en el punto 1.2.2, especificaremos los resultados esperados y la forma de medirlos:

- a). Sincerar la cantidad de órdenes de mantenimiento para intervenciones correctivas, las cuales por su naturaleza tienden a no ser reportadas en su totalidad en el sistema, alterando el KPI (Indicadores Clave de Desempeño) de mezcla de Mantenimiento.

Indicador:

Según lo mostrado en el punto 3.3.4 la cantidad de horas dedicadas a tareas correctivas, respecto de la mezcla de mantenimiento que más se aproxima a la realidad es en promedio 31%. Una vez puesta en marcha la ejecución y uso de la herramienta los reportes extraídos del SAP deben reflejar resultados muy similares.

- b). Generar un historial de reportes de atención a los bienes de la empresa, de mejor calidad y con mayor cantidad de información, en el sistema SAP.

El campo “descripción” de la notificación ejecutada en SAP, que actualmente carece de información registrada, será alimentado con el detalle de lo reportado por personal técnico previa validación del supervisor.

Indicador:

Tomaremos una muestra de operaciones notificadas por mes, para evaluar cualitativamente el resultado de este punto, el porcentaje de notificaciones con información adicional recogida por la herramienta debe superar el 95%.

- c). Aligerar el trabajo de los supervisores de Mantenimiento, quienes al ser directos responsables de reporte de ejecución de las OM a su cargo, deben notificar cada operación con la información que demanda el SAP tomando esto aproximadamente 1 minuto por cada operación.

Indicador:

Una vez disponible la herramienta se espera reducir el tiempo que toma la tarea de notificación a una sexta parte o menos del tiempo que toma actualmente, sin que sea necesaria la interacción del usuario para cada operación; es decir se podrá dejar el script ejecutándose para un grupo de operaciones y continuar con otras actividades que no involucren los aplicativos SAP y Microsoft Excel

- d). Generar los programas de mantenimiento mensuales y compartirlos el segundo día hábil del mes, automatizando el proceso de programación de Órdenes de Mantenimientos en sus pasos de creación, programación, notificación y cierre de avisos y órdenes de mantenimiento en el SAP.

Indicador:

Tal como menciona el objetivo el segundo día hábil de cada mes se debe contar con los programas de mantenimiento mensuales definidos para que el personal técnico pueda comenzar sus tareas preventivas.

Para la consecución de estos 4 objetivos se desarrolla un libro de Excel, básicamente la adecuación del actual “Parte Diario”, alimentado por la data recogida de forma ordenada y exclusiva a través de formularios, el cual mediante un lenguaje de programación en el entorno de VBA que comunica de forma bilateral el libro Excel con el SAP, logra automatizar y reducir drásticamente más de un proceso de interacción del usuario con el ERP más utilizado en el mundo.

4.2 DISEÑO Y CREACIÓN DE LA HERRAMIENTA – MODIFICACION DE PARTE DIARIO:

4.2.1 ADICION DE INFORMACION AL ARCHIVO

Para las funciones de deseamos implementar en nuestro archivo, adicionaremos columnas para capturar datos de:

1. OM, número de orden de mantenimiento que refiere la tarea realizada
2. N° de operación de la OM señalada
3. Tiempo utilizado en la tarea
4. N° técnicos quienes realizaron la tarea

Estos 4 datos para el reporte de tareas con OM ya programadas, a fin de ser notificadas automáticamente. Son 4 campos bastante simples que no representan mayor dificultad ni tiempo significativo al técnico que reporta las tareas efectuadas en el turno.

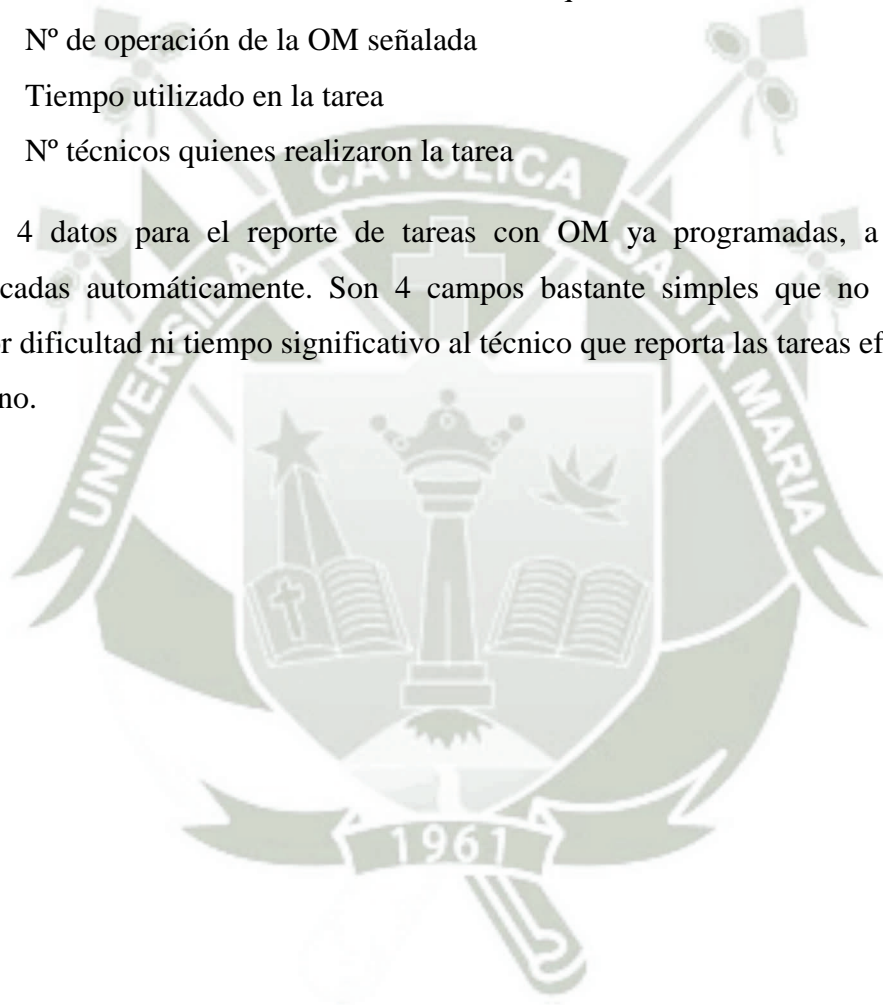


Figura 16: Adición de campos a Parte Diario N°1
Fuente: Elaboración Propia

PRESIONE AQUÍ PARA INGRESAR MAS DATOS												Presione para Desproteger	
Fecha	Turno	Mecánico(s)	Planta	Tipo de Maquina/Equi	Tipo de Mantenimier	O/T	N° Oper	Descripción de la actividad/tarea	Estado Operador	Duración Actividad / Operario	Número de Operari		
26/09/2015	Primero	I. Valdivia	RECEPCIÓN Y MOLIENDA	RD1-MD1	Preventivo	100468763	10	Se apoya en colocar los rodamientos a los rotores del motor RD1-MD1	Solucionado en el Mismo Turno		1		
26/09/2015	Primero	I. Valdivia	RECEPCIÓN Y MOLIENDA	RD1-MD1	Preventivo			Se sube el rotor al quinto piso y se arma queda para probar por que no hay corriente	Solucionado en el Mismo Turno	3	1		
26/09/2015	Primero	I. Valdivia	RECEPCIÓN Y MOLIENDA	MD1	Preventivo	100468530	10	Se sube el rotor y vntilador y se arma en la molienda falta probar no hay tención el MD1	Solucionado en el Mismo Turno	1	1		
26/09/2015	Primero	I. Valdivia	RECEPCIÓN Y MOLIENDA	Filtros de molienda molino byuler	Preventivo			Se sacan los filtros y se sopleten queda para armar mañana	Solucionado en el Mismo Turno	0.67	1		
26/09/2015	Primero	Y. Huamantuma	RECEPCIÓN Y MOLIENDA	Tolva de Recepción (camiones) R01	Preventivo	100468763	10	Se apoya en coloccar rodamientos y tapas a rotores de los motores del RD1 y MD1	Solucionado en el Mismo Turno	3.5	1		
26/09/2015	Primero	Y. Huamantuma	FILTRO	Tanque Pulmón de Cerveza, 200 HI (PT1)	Preventivo	100434107	10	Se realiza mantenimiento a válvula de doble asiento 539XV20 se cambia anillos de la posición 7, 14 y 5 se prueba en vacio falta probar con liquido	Solucionado en el Mismo Turno		1		
26/09/2015	Primero	Y. Huamantuma	COCIMIENTO	Red de Agua Blanda 108°C, Steinecker	Preventivo	100434107	10	Se desarma válvula reguladora, se rectifica asientos, se reviza membrana y fuelle se encuentra bien se arma queda para probar y regular	Pendiente	5.5	1		
26/09/2015	Primero	Y. Huamantuma	COCIMIENTO	Aereador Mosto dn 100	Preventivo			Se fabrican empaques de teflon y se coloca check	Pendiente	1	1		

5. Texto que llevará el Aviso
6. Prefijo que llevará la OM y que definirá su tipo
7. Texto que llevará la OM

Estos 3 datos para el reporte de tareas sin OM creadas, a fin de ser generadas automáticamente. Estos datos podrán llenados por los supervisores y programador de mantenimiento al identificar alguna tarea preventiva o correctiva realizada que deba generar una OM.



Figura 17: Adición de campos a Parte Diario N°2
Fuente: Elaboración Propia

PRESIONE AQUÍ PARA INGRESAR MAS						Parte Diario de Mantenimiento Mecánico de Elaboración 2015								
Fecha	Turno	Mecánico (s)	Planta	Tipo de Maquina/Equipo	Tipo de Mantenimiento	O/T	N° Op	Descripción de la actividad/tarea	Estado Operado	Supervisor de Turno	Estado Supervisor	Descrip Aviso (SÓLO SI NO HAY OT)	Prefijo (SSMMH OT)	Descrip Orden (SÓLO SI NO HAY OT)
02/02/2015	Tercero	Y. Huamantuma	FILTRO	Filtrap	Correctivo	100439501	10	Se presenta fuga de brida, se reviza y se encuentra con o'rig roto, se cambia por uno nuevo	Solucionado en el Mismo Turno	Felipe Rubattino	Solucionado	Fuga de brida	A	Cambio de brida
02/02/2015	Tercero	Y. Huamantuma	COCIMIENTO	Mash Filter (Filtro Prensa Krones)	Preventivo			Se lubrica sin fin de mash filter, y ejes de pallas	Solucionado en el Mismo Turno	Felipe Rubattino	Solucionado			
02/02/2015	Tercero	Y. Huamantuma	TANQUES DE MADURACIÓN	CIP	Preventivo			Se fabrican 2 empaques de jebe de Ø56 x Ø20	Solucionado en el Mismo Turno	Felipe Rubattino	Solucionado			
02/02/2015	Primero	I. Valdivia	RECEPCIÓN Y MOLIENDA	T27	Correctivo	100439503	10	Se revisa chumacera con sup. y se queda en desarmar el fin de semana se regula falla de sensor de revoluciones queda pendiente	Pendiente	José Cusiramos	Solucionado	Falla de sensor de revoluciones	A	Mto chumacera y sensor revoluciones
02/02/2015	Primero	I. Valdivia	RECEPCIÓN Y	Silo diario 22	Correctivo	100439504	10	no abre compuerta se revisa queda en servicio	Pendiente	José Cusiramos	Solucionado	Compuerta no abre	A	Mto en compuerta de servicio
02/02/2015	Primero	I. Valdivia	FERMENTACIÓN	Campana de salida CO2	Correctivo	100439505	10	La campana de ha salido y esta entrando agua se confecciona una funa interna y se coloca	Solucionado en el Mismo Turno	José Cusiramos	Solucionado	La campana esta fallando y fuga interna	CA	Mto en campana de la salida
02/02/2015	Segundo	E. Urquiza	FILTRO	CIP 1 (Filtro)	Preventivo			Se avanza con la modificación de la linea de soda concentrada en la sala de filtración queda para continuar.	Pendiente	José Cusiramos	Solucionado			
02/02/2015	Segundo	E. Urquiza	COCIMIENTO	Red de Agua Blanda 108° C, Steinecker	Preventivo			Se sube condensado al tanque de 108° a pedido del operador.	Solucionado en el Mismo Turno	José Cusiramos	Solucionado			
03/02/2015	Tercero	Y. Huamantuma	COCIMIENTO	Red de Agua Blanda 108° C, Steinecker	Preventivo			Se agrega condensado del tanque 108 a pedido de operador de cocimiento	Solucionado en el Mismo Turno	Javier Cabrera	Solucionado			

4.2.2 RESTRICCIÓN Y PROTECCIÓN DE DATOS

El trabajar con hojas de cálculo que exporten datos vía VBA, hace que debamos minimizar a niveles ínfimos la posibilidad de errores: errores de formato de caracteres, de tipeo, de modificación de columnas y filas, etc.

Según lo expuesto bloqueamos todas las celdas del libro con contraseña de administrador, y se crea un formulario para el ingreso de la data diaria por parte de los técnicos de mantenimiento, el cual les brinda la información clasificada que se va filtrando según el tipo de mantenimiento y la ubicación técnica del equipo involucrado.

Este formulario reduce drásticamente la cantidad de campos digitados directamente por los técnicos, dejando únicamente a la data de “Descripción de la actividad” y “Observaciones” a su libre arbitrio en cuanto a tipo y cantidad de caracteres; modificando la forma de ingreso de datos a los demás campos, columnas en el libro, a selección de listas de datos pre configuradas.

Figura 18: Formulario de ingreso de datos diseñado
Fuente: Elaboración Propia

PARTE DIARIO ELÉCTRICO *Elaboración*

Electricista(s) y Duración EN MINUTOS

Luis Pérez 180

FECHA DE EJECUCIÓN (Fecha en que se ejecutó) 16/10/2015

Hora Aprox. de Inicio 12:17

☐ **TARJETA ROJA**

Motivo del retraso (de haber alguno) Sin desviación

Descripción
Se realiza mto de motor 20.07M05, rodamientos salen casi intactos, presencia de oxido en tapa de rotor.

Turno Primero

Planta COCIMIENTO

Equipo Bomba Agua Helada ksb etachrom 20.07

Tipo de Mantenimiento Preventivo

O/T 100488551

Número Operación 10

Tipo de Falla

Estado al final del turno Solucionado en el Mismo Turno

Supervisor Resp José Cusirramos

Observación o Comentario

Solicitud de Repuesto

☐ **Solicitud de Repuesto**

Descripción

Marca

Cod. SAP ó TIPO

Equipo

Planta

Cantidad

Motivo/Justificación

Enviar Datos **Limpiar Datos**

Para el diseño y consecución de este formulario, se desarrollan bases de datos y listas de celdas en una hoja protegida en lectura y escritura, con toda la información de activos de la empresa, supervisores y técnicos; fácil de actualizar y ser incrementada.

4.2.3 COMANDOS SCRIPTS EN VBA – ENLACE CON SAP

Según lo descrito previamente, diseñaremos 2 scripts (archivo de procesamiento por lotes) para la ejecución automática de 2 procesos de programación de OM:

- a). Notificación individual de operaciones de OM reportadas como ejecutadas y finalizadas en el Parte Diario.

El script diseñado tiene como comando de ejecución el botón “notifica” ubicado en la celda “B2”, el cual verifica en todas las filas de registro 3 condiciones antes de notificar la OM:

- Estatus: vacío, ubicado en la columna B el cual nos indica si la operación de la OM en referencia ya se encuentra notificada o no.
- Existencia de una OM registrada en la columna J
- Estado Supervisor: solucionado, ubicado en la columna Q, nos indica que el supervisor de mantenimiento responsable validó lo reportado por el técnico.

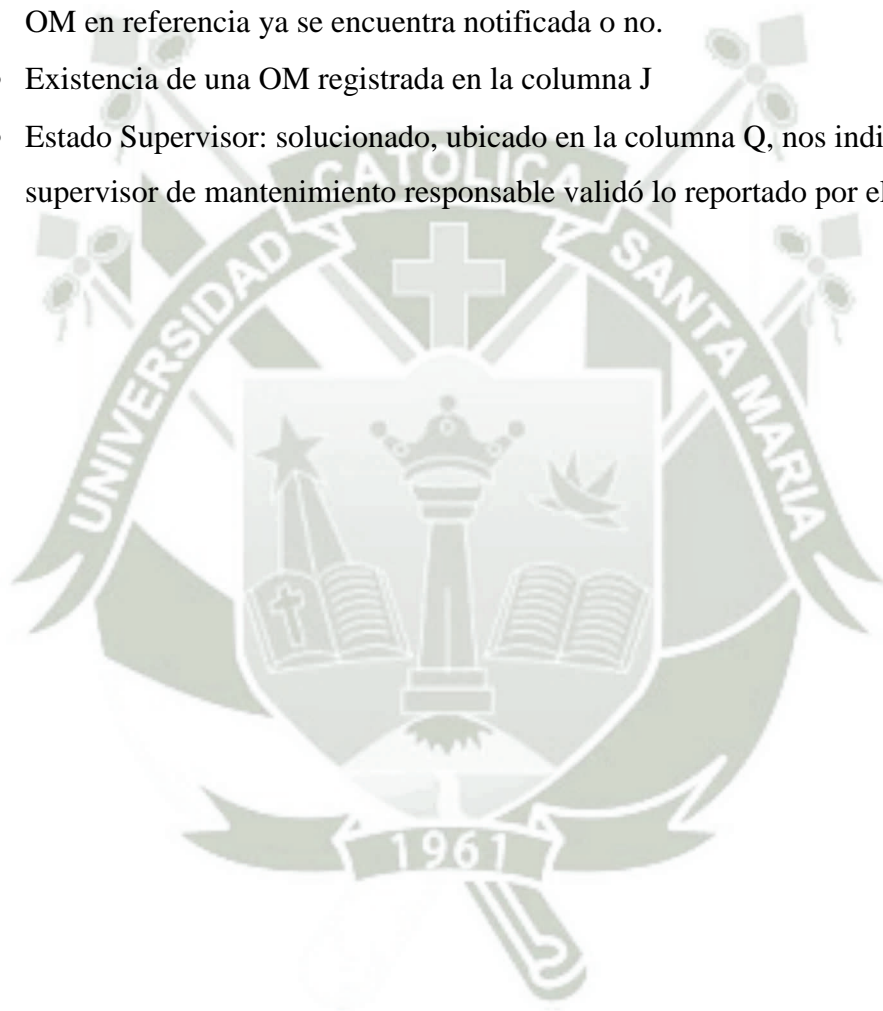


Figura 19: Parte Diario, Condiciones para la notificación de una operación
Fuente: Elaboración Propia

A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	N	O	P	Q
<div>Cr N</div> <div>PRESIONE AQUÍ PARA INGRESAR MAS DATOS</div> <div>Parte Diario de Mantenimie</div>													
SAP	Estatu	Fecha	Turno	Electricista(s) Hora	Planta	Tipo de Maquina/Equipo	Tipo de Mantenimie	O/T	Nº Op	Descripción de la actividad/tarea	Estado Operador	Supervisor de Turno	Estad Superv
		20/10/2015	Tercero	L. Pérez	TALLER		Otros			Se continua con la habilitación de tablero de fuerza para tensiones de tomacorrientes de bodegas.	Solucionado en el Mismo Turno	José Cusirramos	Solucio
		20/10/2015	Primero	M. Cuadros	OTROS		MCM			Se asiste a reunión de MCM.	Solucionado en el Mismo Turno	Felipe Rubattino	Solucio
		20/10/2015	Primero	M. Cuadros	OTROS	Ronda	Preventivo			Se realiza ronda por diferentes plantas.	Solucionado en el Mismo Turno	Felipe Rubattino	Solucio
		20/10/2015	Primero	M. Cuadros	FILTRO	Desaerador Agua Dilucion APV	Preventivo	100481246	10	Se realiza inspección según o.t.	Solucionado en el Mismo Turno	Felipe Rubattino	Solucio
				M. Cuadros									



Al confirmar estas condiciones, el Script comenzará el conjunto de operaciones programas en lenguaje VBA, los cuales ingresan al primer modo (ventana) SAP disponible, ejecutando la transacción de notificación individual para copiar toda la información del registro en cada fila del Libro Excel.

Figura 20: Notificación de operación en SAP
Fuente: SAP PR3 UCP Backus y Johnston

Notificación de orden MT registrar : Datos reales

Movimientos de mercancías Mensaje Lista de objetos Documentos medición

Auftrag 100481246 I-8-18Q2-082INST.ESTER.AGUA (UV)
Vorgang 0010 I-8-18Q1-062INST.ESTER.AGUA UV.
Stat.sist. LIB.

Datos de notificación

Notific. 18346509
PstoTbjo MTTEELE2 BK04 TECNICO Mtto. Elec. Elab. y Pta. Fuerza

No Pers 1 Dur/Pers(H) 2.00 Autor Notif frubatde
Trabajo real H Fecha contab. 2015.10.20

☒ Notif.final ☒ Sin tbjo.rest.
☒ Comp.reservas Tbjo.restante H

Inicio trabajo 2015.10.20 06:30:00 Dur.real notif. H
Fin trabajo 2015.10.20 08:30:00 Fin pronóstico 24:00:00

Mot.desviac. 1001
Txt.notif. Se realiza inspección segun o/t. ☐ Existe txt.expl.

Datos de notificación totales

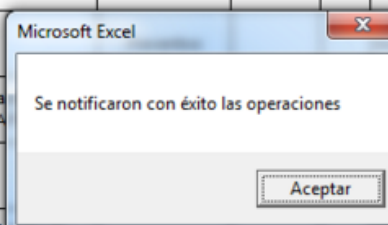
Trbj.real acum.	0.000 H	Durac.real	0.0 H
Pronóst.trabajo	1.0 H	Dur.planif.	0.0 H
Inicio real	00:00:00	Fin real	00:00:00

Al finalizar reportará “notificado” el estatus de la columna B y lanzará un aviso indicando la notificación exitosa de las operaciones tratadas.

Como anexo N°3 se muestra parte de los script que conforman la macro de comandos.

Figura 21: Parte Diario, Aviso de término de notificación
Fuente: Elaboración Propia

PRESIONE AQUÍ PARA INGRESAR MAS DATOS										
SAP	Estatu	Fecha	Turno	Electricista(s) Hora	Planta	Tipo de Maquina/Equipo	Tipo de Mantenimier	O/T	Nº Op	De
		20/10/2015	Tercero	L. Pérez	TALLER		Otros			Se con fuerza bodega
		20/10/2015	Primero	M. Cuadros	OTROS		MCM			Se asis
		20/10/2015	Primero	M. Cuadros	OTROS	Ronda				
	Notific ado	20/10/2015	Primero	M. Cuadros	FILTRO	Desaerea Dilucion A				
		20/10/2015	Primero	M. Cuadros	TALLER					
		20/10/2015	Primero	M. Cuadros	FILTRO	Tanque P Cerveza, 11.2 HI (PT2)	Correctivo			Seand muestr Termin a



b). Creación de OM a partir de tareas reportadas en el Parte Diario

Luego de la revisión del supervisor o programador de mantenimiento, a cada tarea reportada en el archivo, si se considera la necesidad de la generación de una OM, a parte de los datos necesarios a incluir como “Texto de Aviso”, “prefijo y texto de OM”, debemos indicar en la columna A que crearemos una OM con la información de esa fila.

Figura 22: Creación de OM con el Parte Diario

Fuente: Elaboración Propia

	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	N	O
1	<div>Cr N</div> <div>PRESIONE AQUÍ PARA INGRESAR MAS DATOS</div> <div>Parte Diario</div>											
2	SAP	Estatu	Fecha	Turno	Electricista(s)	Planta	Tipo de Maquina/Equipo	Tipo de Mantenimier	O/T	Nº Op	Descripción de la actividad/tarea	Estado Operador
99			11/10/2015	Tercero	M. Valdeiglesias	COCIMIENTO		Innovaciones			Se coloca y se conecta medidor de flujo magnético para agua a la paila de agregados. Se acomoda cables de las canaletas y se modifica planos eléctricos.	Solucionado en el Mismo Turno
100			12/10/2015	Primero	L. Pérez	OTROS		Otros			Ronda por plantas de elaboración.	Solucionado en el Mismo Turno
101			12/10/2015	Primero	L. Pérez	COCIMIENTO	Sala de reuniones	MCM			Reunión. Los horarios de reunión son modificados, en la mañana serán a las 5 y 30. En la tarde a las 13 y 30. En el tercer turno a las 21 y 30 horas.	Solucionado en el Mismo Turno
102	Si		12/10/2015	Primero	L. Pérez	FERMENTACIÓN	CIP Fermentacion ii	Correctivo	100483886	10	Llama operador de planta indicando que el cip de tuberías está fallando dos veces, se revisa y se encuentra que codo de panel está haciendo mal contacto al sensor, se repone y se fija bien y se normaliza cip, se controla hasta terminar el cip, queda operativo.	Solucionado en el Mismo Turno
					L. Pérez	RECEPCIÓN Y	Molino de adi. De				Falla dos veces molino de martillo, esta atorado de material, se apoya en la limpieza	Solucionado en el

Este script tiene como comando de ejecución el botón “Crear” ubicado en la celda “A1”, al ser iniciado verificará en todas las filas de registro de data mencionada anteriormente, así como la definición del tipo de mantenimiento de la columna H.

Al ser validadas las condiciones, se iniciarán los comandos del script según el tipo de mantenimiento, creando en primer el “Aviso” y la OM, finalizando en el registro en el archivo del número de OM creada en la columna J.

Figura 23: Creación de OM en SAP
Fuente: SAP PR3 UCP Backus y Johnston

Crear aviso-MT: Sol.Mantenimiento

Fechas extremas
Inicio deseado 2015.10.20 08:00:00 Prioridad Media
Fin deseado 2015.10.20 09:30:00

Aviso %000000000001 Y2 Falla en CIP ferment.
Status MEAB 0010
Orden

Datos Objetos Técnicos Datos adicionales

Objeto de referencia
Ubic.técn. BK04-ELACER-FERMA-CIPFERMAD01
Equipo 10000112
Conjunto

Circunstancias
Codificación
Descripción Falla en CIP ferment.
Llama operador de planta indicando que el cip de tuberías está fallando dos veces, se revisa y se encuentra que codo de panel está haciendo mal contacto al sensor, se repone y se fija bien y se normaliza cip, se controla hasta terminar el cip, queda operativo.

Abrir orden

Clase de orden zbk3
Centro planificación BK04
División
Pto.tbjo.responsable MTSUELE1 / BK04 SUPERVISOR MANTENIMIENTO ELECTRICO

Crear OT Mantenimiento Programado - Backus : Cabecera central

Orden ZBK3 %000000000001 A Fijado codo panel CIP Ferm
Stat.sist. ABIE DMNV INIC

Datos cab. Oper. Componentes Costes Objetos Datos adic. Emplaz. Planific. Control

Responsable
Gpo.plan. B04 / BK04 GP - AREQUIPA
Rs.pto.tr. MTSUELE1 / BK04 SUPERVISOR MA...
Aviso %000000000001
Costes PEN
Cl.activ.PM Z03 Modificar
EstdInstal

Fechas
Inic.extr. 2015.10.20 Prioridad Media
Fin extr. 2015.10.20 Revisión FRUBATDE

Objeto de referencia
Ubic.técn. BK04-ELACER-FERMA-CIPFERMAD01 SALA CIP
Equipo 10000112 CIP FERMENTACION II
Conjunto

Datos avería SíntomaAvería Fechas aviso

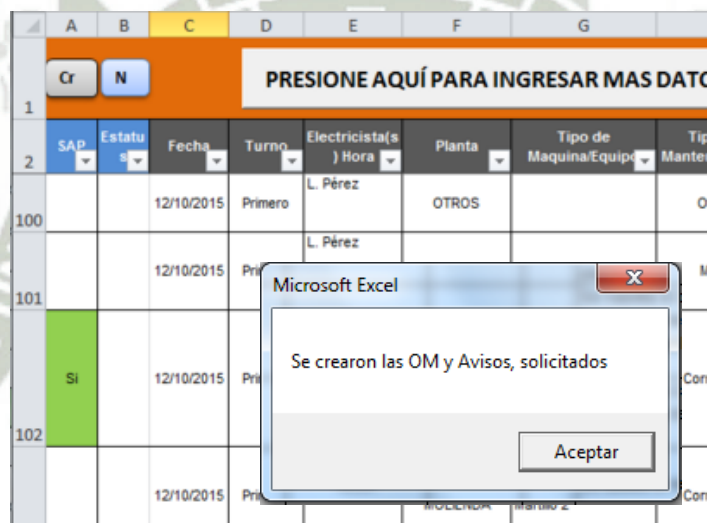
IniAvería 2015.10.20 15:40:23
FinAvería 00:00:00 Duración parada H

Primera operación
Operación Falla en CIP ferment. ClvCá Calcular trabajo
PtoTrab/Ce MTSUELE1 / BK04 ClvCtrl PM01 Cl.activ. MOMANT MAF
TrabInvert H Cantidad Dur.oper. H Comp.
Nº pers.

Figura 24: Aviso de creación de OM en SAP
Fuente: SAP PR3 UCP Backus y Johnston



Figura 25: Aviso de término de creación de OM(s)
Fuente: Fuente: Elaboración Propia



4.3 PUESTA EN MARCHA

El siguiente paso, luego de terminado el diseño de la herramienta virtual, es involucrar a las personas implicadas directamente en su uso.

En primer lugar se deben exponer los objetivos, funcionalidad y alcance de la herramienta a la gerencia del área implicada para concientizar la relevancia de los resultados esperados y encontrar el soporte necesario para iniciar su ejecución.

Es importante mencionar que la inclusión de esta herramienta implica solicitar información precisa de la distribución del tiempo que utiliza el personal técnico en su turno, lo cual representa también un medio de control del uso de tiempo del personal.

En segundo lugar, luego de contar con el respaldo de la jefatura / gerencia del área, debemos compartir con el personal técnico charlas de presentación y explicación de la herramienta diseñada, explicando los objetivos que motivan este proyecto, y las diferencias que encontrarán al ingresar sus reportes diarios respecto al acostumbrado parte diario. Como es lógico, debemos incluir a los supervisores en las presentaciones y hacerlos parte del proyecto atendiendo sus sugerencias.

Es importante ser consciente de que los primeros días y semanas de uso existirán dudas y errores en el ingreso de información que escapan al alcance entregado en las charlas de capacitación, hecho que es natural en la implementación de proyectos y el desarrollo del aprendizaje.

4.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Luego de 4 semanas, donde podemos comenzar a evaluar un cierre de mes y un cambio de ciclo de programación de OM, desde la puesta en marcha de la herramienta; podemos evaluar los primeros resultados respecto a los indicadores planteados para cada uno de los 4 puntos considerados:

a). Sincerar el KPI de mezcla de Mantenimiento según SAP:

Indicador:

Se esperaban resultados dentro del rango meta, y cercanos al 69 y 31 % respecto a la distribución de OM preventivas vs correctivas, para el mes de Julio en donde comenzamos el uso de la herramienta en la 3era semana del mes ya se observan cambios en los resultados empezando estos a acercarse a la meta de distribución. Para

los siguientes 2 meses se observa una estabilización en la distribución de 66 y 34 %, porcentajes que confirman que la distribución del indicador se encuentra dentro de los rangos meta y consiguen el primer objetivo específico de estudio.

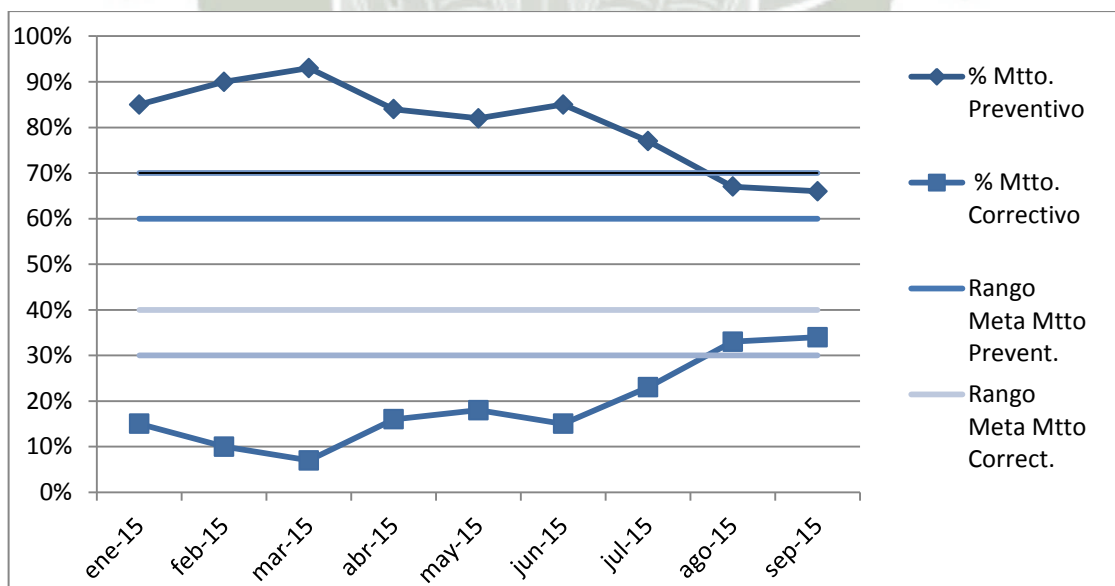
Cuadro 8: Valores de Mezcla de Mantenimiento según SAP, actuales

Fuente: Elaboración Propia

REPORTE DE GESTIÓN DE ACTIVOS		
Planta Arequipa	S7. Mezcla de mantenimiento	
	% Mtto. Preventivo	% Mtto. Correctivo
META	$60 < x < 70$	$30 < x < 40$
ene-15	85%	15%
feb-15	90%	10%
mar-15	93%	7%
abr-15	84%	16%
may-15	82%	18%
jun-15	85%	15%
jul-15	77%	23%
ago-15	67%	33%
sep-15	66%	34%

Figura 26: Gráfico de Mezcla de Mantenimiento según SAP, actuales

Fuente: Elaboración Propia



Para mantener los resultados:

Si bien es cierto que la herramienta simplifica mucho la consecución de estos resultados, los supervisores y el programador de mantenimiento juegan un papel muy importante en la revisión diaria de tareas a las que se deba calificar necesarias de reportar OM; la disciplina de ellos en este proceso determinará la sostenibilidad del cumplimiento del KPI.

b). Generar un historial de reportes de mayor calidad y cantidad de información

Indicador:

Tomamos una muestra de operaciones de OM notificadas por mes, para evaluar cualitativamente el resultado de este punto, el porcentaje de notificaciones con información en el texto de notificación recogida por la herramienta debe representar como mínimo el 95%. Colocamos como objetivo esta meta debido al porcentaje de OM que puedan no ser registradas o notificadas a través de la herramienta en los primeros meses.

Para determinar el tamaño de la muestra usaremos la fórmula del Muestreo aleatorio simple, ya se conocen todos los elementos que conforman la población y cada elemento de la población tiene la misma posibilidad de ser elegido para formar parte de la muestra.

- *Fórmula del Muestreo proporcional:*

$$n = \frac{N \sigma^2 Z^2}{e^2 (N - 1) + \sigma^2 Z^2}$$

n = tamaño de la muestra

N = tamaño de la población

σ = desviación estándar de la población (constante 0.5)

Z = margen de confiabilidad (1.64 para 90% de confianza)

e = error de estimación (0.09)

- *Resultados:*

Cuadro 9: Muestra de notificaciones aprobadas cualitativamente

Fuente: Elaboración Propia

	N° Operaciones notificadas (población)	Tamaño de muestra	Muestras positivas	%
Agosto	2022	54	52	96%
Setiembre	2109	54	54	100%

Podemos observar en los meses completos donde se utilizó la herramienta, según las muestras tomadas para representar el total de operaciones notificadas, se obtuvo un resultado del 96 y 100% de descripciones con información de la tarea.

En los anexos 1 y 2, encontraremos el listado de operaciones de ambas muestras con sus textos de notificación.

c) Aliviar el tiempo de los supervisores de Mantenimiento en la notificación de OM

Indicador:

Con la ejecución de la herramienta se reduce el tiempo que toma la tarea de notificación de cada operación de un promedio de 60 a 7 segundos, 8 veces menos del tiempo que tomaba anteriormente. Agregando el hecho, como se mencionó, que este script trabaja de forma independiente a la interacción del usuario con otros programas en su ordenador.

Considerando el promedio de 300 operaciones que notifica mensualmente un supervisor de mantenimiento, estamos eliminando más de un turno completo al mes. Considerando este resultado por los 7 supervisores de mantenimiento en planta, estamos relativamente eliminando 35 horas de trabajo invertidas al mes.

Cabe indicar que se encontró una dificultad en este proceso, la cual que no se contempló en el diseño inicial de la herramienta.

Existen operaciones que toman o pueden tomar más de un turno en realizarse, en este caso el técnico reporta cada tarea, indicando el estado “pendiente” en cada reporte con excepción de último, el cual mencionará “solucionado” como estado. En este caso la macro según su diseño, notificará únicamente la tarea señalada como “solucionada”, obviando la información de los demás reportes de la misma operación.

d) Compartir los programas de mantenimiento el segundo día hábil del mes.

Indicador:

Planteada la meta del segundo día hábil como límite a entregar los programas de mantenimiento mensuales, el uso de la herramienta significó una celeridad en el proceso de notificación de OM, culminando esto el primer día del mes siguiente.

A pesar de ello, los meses de julio y agosto no se pueda cumplir con la meta esperada, compartiendo los programas: finalizando el segundo y comenzando el tercer día hábil de dichos meses respectivamente, esto debido a que los siguientes procesos para la programación del mantenimiento siguen representando un tiempo representativo:

- Cierre técnico de operaciones OM con operaciones notificadas
- Reprogramación de OM no ejecutadas en el mes
- Disparo manual de planes de mantenimiento
- Asignación de supervisores responsables a OM
- Extracción de programas del SAP y armado de programas mensuales por especialidad y área.

Con excepción del disparo manual de planes de mantenimiento los otros 4 procesos pueden ser automatizados con el mismo principio de las 2 funciones ya diseñadas en la

herramienta. Esta automatización nos recortaría el tiempo que nos hace falta eliminar para conseguir la meta del segundo día hábil.

Cuadro 10: Resumen de resultados obtenidos

Fuente: Elaboración Propia

	Objetivo	Indicador Meta	Resultado	
1	Sincerar el KPI de mezcla de Mantenimiento obtenido del SAP	60% < x < 70% HH Preventivas / (HH Correctivas + Preventivas)	66%	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Generar un historial de reportes de mayor calidad y cantidad de información	x > 90% de operaciones según muestra mensual	91%	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Aliviar el tiempo de los supervisores de Mantenimiento en la notificación de OM	tiempo de notificación menor a 10 segundos por operación	menor a 7 segundos	<input checked="" type="checkbox"/> *
4	Generar y compartir los programas de mantenimiento al inicio del segundo día hábil del mes	2do día hábil de cada mes	3er día	<input type="checkbox"/>

(*) Se encuentra una deficiencia en la macro de notificación para algunos casos especiales

4.5 ADICIÓN DE MEJORAS SEGÚN FEEDBACK

4.5.1 NOTIFICACION DE OPERACIONES ESPECIALES

Para superar el problema en el tercer punto de los objetivos, se adiciona una operación de condición adicional antes de comenzar el script de notificación, el cual consultará en toda la tabla de reportes si la operación de la OM a notificar presenta más de un registro, y si el último de este se encuentra con un estado “solucionado”; sumará las horas hombre dedicadas en total y copiará los textos de descripción según el orden

cronológico. En caso algún registro con el estado de “solucionado” no sea el último, la macro lanzará un error para la revisión directa del usuario.

Figura 27: Parte Diario, caso de más de un registro para una operación

Fuente: Elaboración Propia

	B	C	D	E	F	G	H	J	L	O	P	X	Y	AA	AB
1	<div>Notific</div> <div>PRESIONE AQUÍ PARA INGRESAR MAS mantenimiento Eléctrico de Elaboración</div> <div>Presione para Desproteger</div>														
2	Estatus	Fecha	Turno	Electricista(s) Hor	Planta	Tipo de Maquina/Equipo	Tipo de Mantenimier	O/T	Nº Op	Descripción de la actividad/tarea	Estado Operador	Duración Actividad / Operari	Número d	Hora Inicial	Hora Final
119	NOTIFICADO	09/09/2015	Segundo	M. Valdeiglesias	FILTRO	Filtro de Cerveza, PVPP	Preventivo	100446469	10	Se trabaja según O/T, mantenimiento de instrumentos, falta concluir.	Pendiente	7	1	00:00	7:00
132	NOTIFICADO	10/09/2015	Segundo	M. Valdeiglesias	FILTRO	Filtro de Cerveza, PVPP	Preventivo	100446469	10	Se continua con el mantenimiento de instrumentos según O/T.	Pendiente	3	1	04:19	7:19
158	NOTIFICADO	12/09/2015	Segundo	M. Valdeiglesias	FILTRO	Filtro de Cerveza, PVPP	Preventivo	100446469	10	Se trabaja según O/T, se culmina trabajos.	Solucionado en el Mismo Turno	3	1	00:00	3:00

4.5.2 AUTOMATIZACIÓN DE PROGRAMACION DE MANTENIMIENTO

Como se mencionó anteriormente, existen pasos para la programación mensual de programas de mantenimiento que aún representan retraso en el proceso que conforman y se traducen en la incapacidad de poder entregar los programas mensuales en segundo día hábil del mes.

Para solucionar esto, y por ser procesos independientes entre sí, se elabora un archivo adicional, libro en Excel, multifuncional que permita escoger la tarea que se desea realizar con un conjunto de OM del tamaño deseado.

Esta pequeña herramienta funcional permite realizar las siguientes tareas a partir de una lista de OM:

- Reprogramar OM, cambiar la fecha de inicio y fin extremo las OM deseadas
- Cambiar o asignar un supervisor responsable a cada OM deseada
- Anular el cierre de las OM deseadas
- Asignar la duración en HH para la primera operación de las OM deseadas
- Cambiar el estatus “usuario” de las OM deseadas
- Actualizar la disponibilidad de repuestos de las OM deseadas
- Anular o dar cierre a las OM deseadas
- Visualizar una lista de OM en el SAP

Figura 28: Libro de programación multifuncional

Fuente: Elaboración Propia

ORDEN	OBS	INICIO	FIN
100484193			
100484194			
100484195			
100484196			
100484197			
100484199			
100484200			
100484201			

El principal beneficio de esta hoja multifuncional, aparte de agilizar los procesos señalados, es que su funcionamiento es independiente a las demás aplicaciones que necesite realizar el usuario en su ordenador.

Y finalmente en el mismo libro del MS Excel, se crea un generador de reportes de OM con nivel de detalle que demanda compartir un programa de mantenimiento, filtradas por fechas y supervisores, según la necesidad.

Figura 29: Hoja generadora de órdenes de mantenimiento mensuales

Fuente: Elaboración Propia

PROGRAMACIÓN MENSUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

AÑO: 2015

Mes: JULIO

Revision: RDIAZTEJ

Generar Programa

Figura 30: Ejemplo de extracto de programa de órdenes de mantenimiento mensual

Fuente: Elaboración Propia

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2			PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE PLANTA DE FUERZA PREVENTIVO SAP - OCTUBRE 2015							
3										
4	OP	Denom.ubic.téc.	Denominación de objeto técnico	Orden	status	posición	TEXTO DE ORDEN	O	Txt.br.v.oper.	Dur Pl
5	J. AGUEDO	PLANTA DE FRIO	COMPRESOR PISTONES NO.3 SULZER	100307611	en espera de rptos	3638	P MANT COMPRESOR DE NH3 (31Q3-6) # 3	0010	P GENERAL DE COMPRESOR	32
6	J. AGUEDO	PLANTA DE FRIO	COMPRESOR PISTONES NO.3 SULZER	100307611	en espera de rptos	3638	P MANT COMPRESOR DE NH3 (31Q3-6) # 3	0020	P Junta de cigüeñal(cada 16000)	8
7	J. AGUEDO	PLANTA DE FRIO	COMPRESOR PISTONES NO.4 SULZER	100417525	rptos en almacen	3650	P MANT COMPRESOR DE NH3 (31Q3-6) # 4	0010	P GENERAL DE COMPRESOR	48
8	J. AGUEDO	PLANTA DE FRIO	COMPRESOR PISTONES NO.4 SULZER	100417525	rptos en almacen	3650	P MANT COMPRESOR DE NH3 (31Q3-6) # 4	0020	P Junta de cigüeñal(cada 16000)	8
9	-	FERMENTACIÓN	Tanque Cilindro Cónico de 2000 HI (13)	100441488	rptos en almacen	3256	Mtto. Tanque Cilindro Cónico 13	0040	Mtto.Mec. Valv. seguridad NH3	1
10	-	FERMENTACIÓN	Tanque Cilindro Cónico de 2000 HI (15)	100441492	rptos en almacen	3260	Mtto. Tanque Cilindro Cónico 15	0010	Mtto.Mec. Estacion TCC NH3	10
11	-	FERMENTACIÓN	Tanque Cilindro Cónico de 2000 HI (15)	100441492	rptos en almacen	3260	Mtto. Tanque Cilindro Cónico 15	0040	Mtto.Mec. Valv. seguridad NH3	1
12	D. ORTIZ	PLANTA DE VAPOR	Tanque de Condensado	100446581	rptos en almacen	11152	P Bomba de Condensado 02	0010	P Bomba de Condensado 01	5
13	-	FERMENTACIÓN	Tanque Cilindro Cónico de 2000 HI (02)	100452047	rptos en almacen	3187	Mtto. Tanque Cilindro Cónico 02	0040	Mtto.Mec. Valv. seguridad NH3	1
14	D. ARTEAGA	PLANTA DE CO2	Tanque Separador NH3, TH.WITT, NDB 813	100387789	sin rptos en OM	13837	P Valvulas Dual, Sobreflujo y seguridad	0010	P Válvula dual	0.5
15	D. ARTEAGA	PLANTA DE CO2	Tanque Separador NH3, TH.WITT, NDB 813	100387789	sin rptos en OM	13837	P Valvulas Dual, Sobreflujo y seguridad	0020	P Válvula de sobreflujo	0.5
16	D. ARTEAGA	PLANTA DE CO2	Tanque Separador NH3, TH.WITT, NDB 813	100387789	sin rptos en OM	13837	P Valvulas Dual, Sobreflujo y seguridad	0030	P Válvula de Seguridad	0.5
17	D. ARTEAGA	PLANTA DE CO2	Tanque de CO2, CCM-SULZER	100441382	sin rptos en OM	8748	P y CALIBRACION DE VALV. DE SEGURIDAD 1	0010	desmontaje de válv. de seguridad	8
18	D. ARTEAGA	PLANTA DE CO2	Tanque de CO2, CCM-SULZER	100441383	sin rptos en OM	8749	P y CALIBRACION DE VALVS DE SEGURIDAD 2	0010	Desmontaje de válvulas de seguridad	2
19	D. ARTEAGA	PLANTA DE CO2	Tanque de CO2, CCM-SULZER	100441383	sin rptos en OM	8749	P y CALIBRACION DE VALVS DE SEGURIDAD 2	0020	Mtto. y Calibr.	4
20	D. ARTEAGA	PLANTA DE CO2	Tanque de CO2, CCM-SULZER	100441383	sin rptos en OM	8749	P y CALIBRACION DE VALVS DE SEGURIDAD 2	0030	Montaje de válv. y abrir válv. de cierre	2
21	D. ARTEAGA	PLANTA DE CO2	Tanque de CO2, BUSE	100441384	sin rptos en OM	8752	P y CALIBRACION DE VALV. DE SEGURIDAD 1	0010	desmontaje de válv. de seguridad	8
22	D. ARTEAGA	PLANTA DE CO2	Tanque de CO2, BUSE	100441385	sin rptos en OM	8753	P y CALIBRACION DE VALV. DE SEGURIDAD 2	0010	desmontaje de válv. de seguridad	8
23	-	FERMENTACIÓN	Tanque Cilindro Cónico de 2000 HI (14)	100441490	sin rptos en OM	3258	Mtto. Tanque Cilindro Cónico 14	0040	Mtto.Mec. Valv. seguridad NH3	1
24	-	FERMENTACIÓN	Tanque Cilindro Cónico de 2000 HI (10)	100446400	sin rptos en OM	3293	Mtto. Tanque Cilindro Cónico 10	0020	Mtto.Mec. Valv. Estación superior	2
25	-	FERMENTACIÓN	Tanque Cilindro Cónico de 2000 HI (10)	100446400	sin rptos en OM	3293	Mtto. Tanque Cilindro Cónico 10	0030	Mtto.Mec. Estacion Cerveza	4
26	J. AGUEDO	PLANTA DE FRIO	Ablandador torres de refrigeración	100446538	rptos en almacen	10488	P MANTENIMIENTO DE VALVULAS DE TANQUE 1	0020	limpieza de válv. y de tubos	8
27	J. AGUEDO	PLANTA DE FRIO	Ablandador torres de refrigeración	100446538	rptos en almacen	10488	P MANTENIMIENTO DE VALVULAS DE TANQUE 1	0030	montaje de válv. y abrir válv. de cierre	4
28	J. AGUEDO	PLANTA DE FRIO	Ablandador torres de refrigeración	100446539	rptos en almacen	10489	P MANTENIMIENTO DE VALVULAS DE TANQUE 2	0010	Desmontaje de tubos y válv.s	4
29	J. AGUEDO	PLANTA DE FRIO	Ablandador torres de refrigeración	100446539	rptos en almacen	10489	P MANTENIMIENTO DE VALVULAS DE TANQUE 2	0020	limpieza de válv. y de tubos	8
30	J. AGUEDO	PLANTA DE FRIO	Ablandador torres de refrigeración	100446539	rptos en almacen	10489	P MANTENIMIENTO DE VALVULAS DE TANQUE 2	0030	montaje de válv. y abrir válv. de cierre	4
31	D. ORTIZ	PLANTA DE VAPOR	CALDERO PIROTUBULAR NO.3 DISTRAL	100446573	sin rptos en OM	10895	P VALVULA VAPOR DESCARGA	0010	P NIVEL DE AGUA	4
32	-	FERMENTACIÓN	Tanque Cilindro Cónico de 2000 HI (07)	100452288	sin rptos en OM	3197	Mtto. Tanque Cilindro Cónico 07	0020	Mtto.Mec. Valv. Estación superior	2
33	-	FERMENTACIÓN	Tanque Cilindro Cónico de 2000 HI (09)	100452292	sin rptos en OM	3291	Mtto. Tanque Cilindro Cónico 09	0020	Mtto.Mec. Valv. Estación superior	2
34	-	FERMENTACIÓN	Tanque Cilindro Cónico de 2000 HI (09)	100452292	sin rptos en OM	3291	Mtto. Tanque Cilindro Cónico 09	0030	Mtto.Mec. Estacion Cerveza	4

El uso de esta última herramienta se puso en práctica a inicios de octubre, mes en el que se cumplió la meta de entregar los programas de mantenimiento a inicios del segundo día hábil del mes.

CONCLUSIONES

1. Según los objetivos de la tesis:
 - 1.1 Con el desarrollo de la herramienta virtual de procesos aplicada en la planta cervecera Backus de la ciudad de Arequipa, a través del sistema SAP, logramos reducir el tiempo invertido en las distintas tareas de programación y reporte de órdenes de trabajo de mantenimiento, e incrementamos la cantidad y calidad de información registrada producto de estas tareas, sincerando a su vez indicadores de gestión de activos. Cumpliendo con los 4 objetivos específicos planeados:
 - 2.1 Se sinceraron los valores en indicadores KPI de gestión de activos según SAP, específicamente en la Mezcla de Mantenimiento, la cual se encontraba fuera del rango meta.
 - 3.1 Se consiguió registrar información de mayor calidad y cantidad de sucesos en las intervenciones a equipo al historial SAP según muestreo ejecutado
 - 4.1 Se redujeron considerablemente horas hombre dedicadas por personal supervisor de mantenimiento en tareas de reporte de datos, en más de 80% de tiempo para la tarea de notificación de operaciones en SAP
 - 5.1 Se agilizan los procesos de programación de mantenimiento, para poder generar y compartir los programas mensuales el segundo día del mes.

2. Adicionales

- 2.1 El éxito de este modelo de herramienta en el medio empleado, muestra su capacidad de ser usado en el área de gestión de activos o mantenimiento de cualquier empresa manufacturera cuyo tamaño demande el uso del ERP más utilizado en el mundo, el SAP.
- 2.2 La necesidad de las empresas de gran tamaño de poseer información ordenada, compartida, protegida, real y actualizada hace inevitable que cuenten con un ERP (arquitectura de software para la gestión de información), y uno de los productos con más mercado de la compañía SAP AG, el SAP R/3 ofrece a los usuarios encargados de la gestión de activos diferentes herramientas para la programación del mantenimiento, algunas de ellas tan útiles como tediosas al momento de utilizarse.
- 2.3 Existe una infinidad de procesos informáticos empleados en distintas áreas y empresas que pueden ser automatizados y reducidos en el tiempo que dedica su personal. Esto debido a las aplicaciones de programación de software con los que convivimos a diario, y con las que contamos fácilmente a nuestro alcance; pero que son muy poco conocidas y utilizadas. El entorno de programación que ofrece el VBA (Visual Basic for Applications del Microsoft Windows) es bastante amigable y compatible con aplicaciones utilizadas globalmente como el SAP.
- 2.4 La proporción de tareas de mantenimiento tipo correctivo respecto a las de tipo preventivo en las empresas de manufactura y servicios, abre un gran debate respecto a sus valores óptimos. Lo cierto es que la proporción ideal que nos brinde los mejores valores posibles de disponibilidad y confiabilidad de nuestros equipos no representa la situación de menor costo de mantenimiento, tema que generalmente decide las estrategias de mantenimiento a emplearse

en una empresa. Los rango meta para esta proporción dependerán de cada empresa y su medio.

- 2.5 Este tipo de herramientas innovadoras en su medio, encuentran en la estrategia de la mejora continua (Ciclo de Deming) un óptimo respaldo en su desarrollo; ya que por su condición de pionera estará sujeta a poder encontrar mejoras en cada paso y continuamente.



RECOMENDACIONES

En el desarrollo de la tesis se lograron conseguir los objetivos planteados con una herramienta desarrollada en un campo de poco aplicado en las empresas y usuarios de SAP de nuestro medio, los resultados obtenidos sugerirán ampliar el alcance de las herramientas para más procesos que involucren la interacción con el SAP, según esto se sugiere:

1. Continuar la estrategia del Ciclo de Deming para futuras mejoras y herramientas de este medio, ya que la retroalimentación en cada cierre de ciclo es muy importante para conservar el orden en las oportunidades de mejora que irán apareciendo en el camino.
2. Invertir en la capacitación de personal usuario de SAP en las empresas, cuya carga de trabajo esté representada en gran porcentaje en operaciones de interacción con este ERP para que pueda desarrollar herramientas personalizadas a funciones exclusivas de puestos de trabajos, o herramientas genéricas utilizadas por varios usuarios.

GLOSARIO

- OM, Orden de Mantenimiento:
Conocida también como OT, es el documento creado para distinguir las actividades dedicadas en una o en un conjunto de tareas, en la cual se puede identificar ubicaciones relacionadas, cuentas de costo comprometidas, plazos, recursos utilizados y responsables.
- KPI, Kei Performance Indicator:
También conocido como indicador clave de desempeño o indicador clave de rendimiento, es una medida del nivel del desempeño de un proceso; el valor del indicador está directamente relacionado con un objetivo fijado de antemano. Normalmente se expresa en porcentaje
- Mezcla de Mantenimiento:
Es un KPI que gestión de activos que mide la proporción de horas hombre dedicadas a tareas preventivas respecto de las correctivas
- Disparo de Planes:
Refiere a la programación, en cada periodo definido por el usuario, de OM a partir de sus planes y de acuerdo a las frecuencias preestablecidas

- Macro / Script:

Es una serie de instrucciones que se almacenan para que se puedan ejecutar de manera secuencial mediante una sola llamada u orden de ejecución. Esto permite la automatización de tareas repetitivas.

- Mainframe:

O ordenador central, es una computadora grande, potente y costosa usada principalmente por una gran compañía para el procesamiento de una gran cantidad de datos; por ejemplo, para el procesamiento de transacciones bancarias

- Formulario:

Un formulario consta de un conjunto de campos de datos solicitados por un determinado programa, los cuales se almacenarán para su procesamiento y posterior uso. Cada campo debe albergar un dato específico, por ejemplo, el campo "Nombre" debe rellenarse con un nombre personal; el campo "Fecha de nacimiento" debe aceptar una fecha válida, etc.

BIBLIOGRAFIA

Libros:

- Tecsup (2014) Gestión estratégica del mantenimiento Planificación del Mantenimiento. Lima
- Pistarelli J. A. (2012) Manual de Mantenimiento Ingeniería gestión y organización. Buenos Aires. Sophie Le Comte
- García G. S. (2009) Ingeniería del Mantenimiento Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento industrial. Madrid. Renovetec
- Jay L. D. (2005) Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. México D.F. Thomsom
- Lourival A.T. (2000) Administración moderna de mantenimiento. Brasilia. Novo Polo.
- Navarro E. L. (1997) Gestión Integral del Mantenimiento. Barcelona. Marcombo
- Duke Okes (2009). Root Cause Analysis; The Core of Problem Solving and Corrective Action. Milwaukee EEUU.

Tesis:

- Enrich C. R. (2013). Implantación de un sistema ERP SAP en una empresa. (Tesis). Universidad Politécnica de Catalunya.

Sitios Web:

- Puig E. (2013). Mantenimiento e Ingeniería Instalaciones Industriales. Recuperado el 5 de agosto de 2015, de http://puigenginyindustrial.blogspot.pe/2013_07_01_archive.html
- Informática Hoy. (2011). Software ERP - Enterprise Resource Planning. Recuperado el 7 de agosto de 2015, de <http://www.informatica-hoy.com.ar/software-erp/Evolucion-Historica-del-Software-ERP.php>
- Turmero I. Hoy. (2011). El sistema SAP. Recuperado el 7 de agosto de 2015, de <http://www.monografias.com/trabajos94/el-sistema-sap/el-sistema-sap.shtml>
- FORBES 2015 Gartner's ERP Market Share Update. Recuperado el 10 agosto del 2015 de <http://www.forbes.com/sites/louiscolumbus/2014/05/12/gartners-erp-market-share-update-shows-the-future-of-cloud-erp-is-now/>
- Wikipedia. 2015. Visual Basic for Applications. Recuperado el 10 agosto del 2015 de https://es.wikipedia.org/wiki/Visual_Basic_for_Applications
- Ingeniería Industrial Miroslava 2014. William Deming- Recuperado el 21 agosto del 2015 de <https://sites.google.com/site/ingenieriaindustrialmiroslava/william-e-deming>
- Wikipedia 2015. Unión de Cervecerías Peruanas Backus y Johnston Recuperado el 20 agosto del 2015 de https://es.wikipedia.org/wiki/Unión_de_Cervecerías_Peruanas_Backus_y_Johnston
- Mestre J.2008. Foro: Gestión del Mantenimiento. Recuperado el 11 de setiembre de 2015 www.xing.com/communities/posts/porcentaje-preventivo-vs-correctivo-1004888128

ANEXOS

ANEXO 1

Muestra de operaciones notificadas en agosto

OM	Operación	Texto de notificación
100452252	10	Se desarma el transportador T24 y se cambió rodillo con mantenimiento queda en servicio probado
100452249	10	Se desarma el transportador y se cambió rodillo con mantenimiento queda en servicio probado
100452251	10	Se desarma el transportador y se cambió rodillo con mantenimiento queda en servicio probado
100452254	10	Se desarma el transportador y se cambió rodillo con mantenimiento queda en servicio probado
100456476	10	Se desarma el transportador y se cambió rodillo con mantenimiento queda en servicio probado
100468059	10	Se avanza con una OM de la sala de filtración
100468820	10	Se realiza OT de fajas transportadoras, estas órdenes ya se realizaron 100468820 ,100468824, 100468825 y 100468827
100468600	10	Se avanza con una OT de inspección
100468592	10	Se avanza con una OM de los tanques de maduración 14 al 19
100468603	10	Inspección de válvulas de seguridad de los tanques de levadura cosecha 1, cosecha 2 y cultivo 2
100468060	10	Se inspecciona Filtro Jet por OM Válvula de seguridad
100468499	10	Inspección general al calentador Gea
100441414	10	Se hace mantenimiento a la válvula de doble asiento 756XV36
100441420	10	Realizado
100468562	10	se destapa chumaceras y se cambió de grasa
100441464	10	Se avanza con una OM en la sala de levadura
100468939	10	Se realiza OT de molino el cual ya fue realizado el día 24 de julio, también se realizan las ordenes 100468814, 100468816, y 100468830, que ya están ejecutadas
100468544	10	Se avanza con OM en los TCC
100452193	10	Por orden de trabajo se revisa soplado de mangas y se revisa limpieza de 3 mangas
100468790	10	se revisa cadena MT05 no hay ruidos se lubrica
100456472	10	Lubricación de cadena MT17
100468619	10	SE avanza con OM en las bodegas (entre el TQM 26 y 27 hay hielo acumulado)

100468807	10	Se apoya en desarmar el moto reductor se cambió aceite se revisa la chumacera centradora está bien no tiene desgaste
100468564	10	se desarma las mallas tamices de las zarandas de malta y maíz MT12-CT06 se hace limpieza queda armado
100468633	10	Se continua con la inspección de los TQM del 32 al 38
100468862	10	Se realiza inspección del tanque fermentación láctica
100448925	10	Se realiza inspección de la bomba de ácido láctico 63.00M05
100456479	10	se lubrica rodamientos del R01
100468641	10	Se continua con las inspecciones de los TQM 39 al 44
100468500	10	Inspección de válvulas manuales del calentador gea DN 250
100468840	10	Por orden de trabajo se lubrica las cadenas R14-R16-R23-R27
100467157	10	Se avanza con OM en el panel distribución de cerveza.
100468865	10	Se realiza las siguientes ordenes de inspección de válvulas de seguridad de tanque de agua de 85 1Y 2
100454218	10	Se realiza las siguientes ordenes de inspección de válvulas de seguridad de tanque de lúpulo
100456454	10	Se avanza con OM del cip de fermentación Inspección de válvulas.
100450454	10	-
100468864	10	Se revisa válvula de seguridad enfriador de condensado
100456458	10	Se avanza con una OM inspección de la bomba del tanque de Trub 600P01
100452517	10	Se realiza mantenimiento a válvula 10.01V07 dn 150
100468506	10	Se avanza con una OM inspección de la bomba peristáltica 1204P01.
100462866	10	Se avanza con una OM inspección de válvula de seguridad del Filtrap
100468764	10	Se realiza inspección de filtros ya que se realizó cambio de mangas anteriormente toda vía no es necesario
100422721	10	Se realiza mantenimiento según o/t.
100468510	10	Se realiza inspección según o/t.
100456462	10	A pedido de Pérez se hace embocinar rotor, alojamiento del sello mecánico de la bomba 402P02, se arma motor y se prueba rotación, la corriente tomada es 1.7amp. queda en servicio.
100468520	10	Se realiza mantenimiento según o/t.
100468606	10	Se asiste a la reunión multinivel de los mini negocios.
100448927	10	Se realiza mantenimiento según o/t.
100446567	10	Se trabaja en la inspección de motor 406P04.
100468583	10	Se trabaja en el mantenimiento de bomba de aditivos.
100468519	10	Se realiza mantenimiento según o/t.
100468505	10	Se terminó de armar el motor 10.01M5, con mecánico E.Urquiza se montó el motor, queda conectado y se repuso el guadamotor, falta probar, operador indica que se prueba en el primer turno, ya que no puede arrancar el agitador, tomar en cuenta siguiente turno.
100468712	10	Se realiza mantenimiento según o/t.
100468501	10	Se realiza mantenimiento según o/t.

ANEXO 2

Muestra de operaciones notificadas en septiembre

OM	Operación	Texto de notificación
100468863	10	Se realiza OT de calentador de 85°C
100476097	10	Se hace mantenimiento a la válvula de doble asiento 738XV19
100476098	10	Se hace mantenimiento a la válvula de doble asiento 739XV20 DN 100 y se cambia anillos media caña de las bridas.
100466570	10	Se culmina con el mantenimiento de la bomba 1830M1, se asienta sello
100476102	10	Se realiza mantenimiento de las trampas de vapor de la paila de maceración
100468729	10	Se realiza mantenimiento a trampas del filtro PVPP, KZE-500, vía 1 y 2 cip de regeneración PVPP; en la vía 2 se encuentra fuelle perforado, se rectifica uno de los lados de válvula check DN25 y cambia empaques de tanque PVPP
100476102	10	Se realiza mantenimiento de trampas de vapor de paila de agregados
100468867	10	Se avanza con la inspección de los Tanques 1, 3, y 5
100468867	10	Se continua con la inspección de los Tanques de Gobierno 2, 4, 6 y 7
100452518	10	Se realiza mantenimiento a válvula de ingreso de agua a paila de agregados 10.01V08 DN150
100468846	10	Se realiza mantenimiento a válvula de mariposa keystone DN 250 13.01V09
100468729	10	Se avanza con una OM de Inspección del CIP de la VIA 1
100468846	10	Se realiza mantenimiento a válvula 15.01V31, queda probado
100441282	10	inspección de la válvula de seguridad del condensador de vahos
100459698	10	revisión del sello e impelente ya realizado
100459698	10	revisión del sello e impelente ya realizado
100459699	10	revisión del sello e impelente ya realizado
100468926	10	inspección del magneto lubricación
100468580	10	Se realiza OT en calentador de agua 108°
100468580	10	Se realiza OT en calentador de agua 108°
100468580	10	Se realiza OT en calentador de agua 108°
100468580	10	Se realiza OT en calentador de agua 108°
100468582	10	Se realiza OT en inspección de tanque pulmón
100468582	10	Se realiza OT en inspección de tanque pulmón
100468582	10	Se realiza OT en inspección de tanque pulmón
100468582	10	Se realiza OT en inspección de tanque pulmón
100429265	10	Se realiza OT (orden ya realizado por el Sr. Pedro Valdivia)
100468863	10	se realiza inspección a válvula de seguridad
100468763	10	Se apoya en colocar los rodamientos a los rotores del motor RD1-MD1
100468530	10	Se sube el rotor y ventilador y se arma en la molienda falta probar no hay tención el MD1
100468763	10	Se apoya en colocar rodamientos y tapas a rotores de los motores del RD1 y MD1
100434107	10	Se realiza mantenimiento a válvula de doble asiento 539XV20 se cambia anillos de la posición 7, 14 y 5 se prueba en vacío falta probar con liquido
100434107	10	Se desarma válvula reguladora, se rectifica asientos, se revisa membrana y fuelle se encuentra bien se arma queda para probar y regular

100475368	10	Se hace revisar graficar de presión temperatura y vapor con el operador
100446568	10	Se inspecciona las bombas dosificadoras según orden todo bien
100465676	10	Se realiza OT de inspección de bomba de agua helada, de la bomba de recirculación de 85°C y Bomba de ácido láctico
100448922	10	Se realiza OT de inspección de bomba de agua helada, de la bomba de recirculación de 85°C y Bomba de ácido láctico
100468584	10	Se realiza OT de inspección de bomba de agua helada, de la bomba de recirculación de 85°C y Bomba de ácido láctico
100468533	10	Se realiza inspección según o/t.
100446555	10	Se trabaja según O/T, mantenimiento de instrumentos , falta concluir.
100392381	10	Se trabaja según O/T. Queda instalado en su sitio y probado.
100468534	10	Se realiza inspección según o/t.
100468533	10	Se realiza inspección y limpieza según o/t
100468534	10	Se realiza inspección y limpieza según o/t
100468713	10	Se trabaja según O/T, mantenimiento de instrumentos.
100468529	10	Se realiza inspección según o/t
100446416	10	Se trabaja con el mantenimiento del medidor de agua. Se encontró el soporte de plástico roto y con piezas faltantes, se cambia y queda operativo.
100468568	10	Se trabaja según O/T, mantenimiento de electroválvulas Z31 batt1 y batt2.
100456386	10	Se trabaja según O/T, inspección de motor.
100358124	10	Se trabaja según O/T, se realiza inspección a motor.
100468911	10	Se trabaja según O/T, amperaje de motores.
100468911	10	Se revisa tanques 11-12-13 y se le indica a David Ortiz porque el ambiente está caliente.
100422006	10	Se trabaja según O/T. Se deja en taller el rotor con ventilador para realizar balanceo.
100422006	10	A pedido de Cabrera se baja ventilador de motor y se entregó a personal de "Equilibrio Industriales" con el rotor para su balanceo.

ANEXO 3

Scripts creado para macro de notificación de Operaciones

```
Sub Notifica_Orden()

Dim orden As String
Nome = ActiveWorkbook.Name

Nombre = ActiveSheet.Name

ActiveSheet.Range("c5000").Select
Selection.End(xlUp).Select
fil = ActiveCell.Row
ActiveSheet.Range("J3").Select

    For i = 1 To fil

        valor = ActiveCell.Value

        If valor = "" Or ActiveCell.Offset(0, -9).Value = "No" Or ActiveCell.Offset(0, -8).Value = _
        <> "" Or ActiveCell.Offset(0, 7).Value = "Pendiente" Then
            GoTo continua
        End If

        fil1 = ActiveCell.Row
        col2 = ActiveCell.Column

        orden = ActiveCell.Value
        Operación = ActiveCell.Offset(0, 1).Value

        Demora = ActiveCell.Offset(0, 15).Value
        HoraInicio = ActiveCell.Offset(0, 16).Value
        HoraFin = ActiveCell.Offset(0, 17).Value
        NumOper = ActiveCell.Offset(0, 14).Value
        Duración = ActiveCell.Offset(0, 13).Value
        FechaInicio = ActiveCell.Offset(0, -7).Value

        If HoraInicio > Format(HoraFin, "hh:mm") Then
            FechaFin = DateAdd("d", 1, FechaInicio)

        Else
            FechaFin = FechaInicio
        End If

        Autor = ActiveCell.Offset(0, 6).Value
        Sheets("CONFIGURACIÓN").Visible = True
        Sheets("CONFIGURACIÓN").Select
        ActiveSheet.Range("a20").Select
            ActiveSheet.Range("A19:A24").Select
        Selection.Find(What:=Autor, after:=ActiveCell, LookIn:=xlFormulas, _
            lookat:=xlPart, searchorder:=xlByRows, searchdirection:=xlNext, _
            MatchCase:=False, SearchFormat:=False).Activate

        Autor = ActiveCell.Offset(0, 1).Value
        ActiveSheet.Range("D19:D29").Select
        Selection.Find(What:=Demora, after:=ActiveCell, LookIn:=xlFormulas, _
            lookat:=xlPart, searchorder:=xlByRows, searchdirection:=xlNext, _
            MatchCase:=False, SearchFormat:=False).Activate
```

```

session.findById("wnd[0]").sendVKey 0

session.findById("wnd[0]/usr/txtW_NOPERS").Text = NumOper
session.findById("wnd[0]/usr/txtW_DURPERS").Text = Format(Duración, "0.00")

session.findById("wnd[0]/usr/txtW_AUTOR").Text = Autor
session.findById("wnd[0]/usr/ctxtAFRUD-ISDD").Text = Format(FechaInicio, "YYYY.MM.DD")
session.findById("wnd[0]/usr/ctxtAFRUD-ISDZ").Text = Format(HoraInicio, "HH:MM:SS")
session.findById("wnd[0]/usr/ctxtAFRUD-IEDD").Text = Format(FechaFin, "YYYY.MM.DD")
session.findById("wnd[0]/usr/ctxtAFRUD-IEDZ").Text = Format(HoraFin, "HH:MM:SS")
session.findById("wnd[0]/usr/ctxtAFRUD-GRUND").Text = Demora

Windows(Nome).Activate
ActiveCell.Offset(0, 4).Select
Selection.Copy
ActiveCell.Offset(0, -4).Select

session.findById("wnd[0]/usr/txtAFRUD-LTXA1").Text = "."
session.findById("wnd[0]/usr/btn*AFRUD-LTXA1").press
session.findById("wnd[0]/tbar[1]/btn[9]").press
session.findById("wnd[0]/tbar[0]/btn[3]").press
session.findById("wnd[0]/tbar[0]/btn[11]").press
session.findById("wnd[0]").sendVKey 0
session.findById("wnd[0]").sendVKey 0
session.findById("wnd[0]").sendVKey 0
session.findById("wnd[0]").sendVKey 0
ActiveCell.Offset(0, -8).Value = "Notificado"

continua:
ActiveCell.Offset(1, 0).Select
Next

MsgBox ("Operaciones notificas")

```

